

**Análisis de la percepción de los usuarios (QoE) y los parámetros técnicos de QoS en un servicio, en la red GSM de COLOMBIAMOVIL - Cali**



**TRABAJO DE GRADO**

**Diana Paola Vela Coral  
Álvaro Julián Muñoz Ordóñez**

**Director: Ing. Guefry Agredo Méndez**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
Departamento de Telecomunicaciones  
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones – GNTT  
Línea de investigación: Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de  
telecomunicaciones  
Popayán 2008**



## RESUMEN

El proyecto titulado “**Análisis de la percepción de los usuarios (QoE) y los parámetros técnicos de QoS en un servicio, en la red GSM de COLOMBIAMOVIL – Cali**”, consiste en correlacionar las experiencias que tienen los usuarios cuando utilizan el servicio de voz de TIGO y los parámetros técnicos de la red; para lograr tal objetivo es fundamental conocer profundamente la red, sus componentes, procesos, funcionamiento y todo lo que a ella esté ligado. Concluida esa tarea y con la ayuda del operador, se procede a escoger un servicio que interese a la empresa y sobre el cual se pueda obtener el máximo provecho de la investigación. Con la finalización de estas actividades, se construye una base teórica sólida de la red, de sus indicadores de calidad (KPIs) y se concreta un objeto de investigación claramente identificado, que para el proyecto es el servicio de voz.

El servicio de voz tiene un gran número de KPIs y no se perciben por los usuarios en iguales proporciones, de manera que resulta necesario analizar cuáles de ellos son los más críticos y que por sus características estén más cerca a los usuarios. Finalmente se eligen tres KPIs que son: el SDCCHDropRate, TCHDropRate y HANDOVER, que como se verá a lo largo del documento, son relacionados al establecimiento de la llamada, y al mantenimiento de la misma.

Una vez comprendida la definición y funcionamiento de cada uno de los KPIs a ser estudiados, se procede a analizar que partes de la red GSM que están directamente involucradas con los mismos. En esta tarea se debe tener especial cuidado dado que los parámetros técnicos están relacionados entre sí y el correcto funcionamiento de la red depende del buen desempeño de todos sus componentes, lo que dificulta su análisis. Muchos de los parámetros técnicos son iguales para toda la red lo cual dificulta el análisis del impacto que genera su modificación. Finalmente se analizan parámetros que se puedan desde el punto cambiar de vista de la compañía.

Se procede entonces a buscar lugares de la ciudad de Cali, donde los indicadores de calidad revelen problemas críticos. Ya que las bases de datos de indicadores tienen información de todos los contadores (que son los componentes de los KPIs, esto se explica con mayor detalle en el capítulo II), de los 101 KPIs, en las horas pico de todos los sectores de la red GSM de TIGO que funciona en Colombia, fue ineludible desarrollar una aplicación en Access que ayudara a procesar esta cantidad de datos de forma que facilite su análisis. Gracias a la aplicación, se detectan lugares que tienen problemas críticos y ante la imposibilidad de variar parámetros técnicos, se opta por buscar sitios con características de tráfico y de entorno (sitios espejo) donde en el mismo periodo de estudio, no se haya manifestado ningún problema.

Teniendo los sitios problema y los sitios espejo, se plasma una encuesta con el propósito de obtener y analizar la opinión de los usuario frente al servicio de voz; y se da inicio a una serie de actividades que además de tener un alto componente investigativo en la parte de ingeniería, tiene parte de investigación social (del léxico social) y se empiezan a aplicar encuestas, tarea que demanda mucho



esfuerzo y tiempo porque es necesario desplazarse a distintos lugares de la ciudad de Cali e interactuar de manera apropiada con los usuarios.

Por último se reúne la opinión de los usuarios y la información de la red, arrojando resultados satisfactorios para el proyecto y muy útiles para la compañía. En definitiva, el proyecto enfrenta el comportamiento de la red y la percepción de sus usuarios.



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la telefonía móvil en Colombia, ha llevado a los operadores a plantear estrategias de mejora en la prestación de sus servicios con el fin de incrementar los niveles de fidelización y captura de nuevos usuarios. Sin embargo, hasta el momento no se había realizado un acercamiento a los usuarios que les permitiera evaluar la parte técnica basado en sus experiencias cuando utiliza el servicio de voz.

No es común que se realicen este tipo de estudios porque exigen mucho tiempo y esfuerzo, lo que hace que en algunas ocasiones los operadores opten por solucionar los problemas que se presenten basados en los resultados arrojados por la red o por la parte comercial.

Este proyecto, amplía la visión del operador y aplica los conceptos expandiendo la visión y aspectos a considerar en la hora de evaluar la calidad de la red a profundidad, teniendo en cuenta no solo parámetros técnicos sino también la opinión de los usuarios quienes finalmente perciben las mejoras implementadas en la red de su operador. Una correlación con los parámetros técnicos ayuda al operador a localizar la infraestructura específica que presenta problemas y puede entonces brindar soluciones de manera más rápida y segura e incluso económica en algunas ocasiones.

Este proyecto, además de tener alto componente investigativo en la parte de ingeniería, tiene un componente muy especial que es la interacción con la gente y con el operador, ubicando al investigador en un punto neutro desde el cual se percibe lo que realmente afecta y demandan los usuarios y la manera como el operador se enfrenta a dichas exigencias.

La realización de una investigación aplicada con colaboración Universidad – Empresa, hace que todo el esfuerzo, teoría y calidad de la educación se aplique a problemas reales existentes aportando al desarrollo de la tecnología e impulsando la investigación en Colombia.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ En tecnología GSM no posible hacer reservaciones de recursos de radio para garantizar que a un usuario tenga constantemente un canal disponible y de esa forma no garantiza QoS dedicada.
- ✓ En COLOMBIAMOVIL Cali se aplican todas las técnicas estándares especificadas en la tecnología GSM para la mejora la calidad de servicio de la red lo que imposibilita analizar el impacto de su modificación.
- ✓ Un profundo análisis previo sobre el portafolio de servicios de TIGO, la infraestructura de red, la percepción del usuario y las necesidades de la compañía y el máximo provecho del proyecto para la sociedad del conocimiento, conllevaron a realizar el estudio sobre el servicio de Voz.
- ✓ Con un grado de confiabilidad de 95% en el estudio de QoE, la probabilidad que tiene el operador para llegar a los parámetros que están involucrados directamente en la satisfacción de usuario, es lo suficientemente alta para tomar decisiones determinantes.
- ✓ La filosofía del modelo SERVQUAL se adapta de manera acertada en la evaluación subjetiva de la apreciación de usuario. A través de la relación entre esperado y lo percibido se puede hacer inferencias sobre los parámetros técnicos de la red.
- ✓ Como valor agregado se desarrolló una aplicación robusta, modular e incremental en MS Access™, cuya función se convertiría en la herramienta principal para analizar los contadores de cada KPI para cada sector.
- ✓ Los KPIs estudiados para el servicio de voz son: Handover, SDCCHDropRate, TCHDropRate, que por sus características se aproximan más a lo que el usuario vive en su cotidianidad, al hacer uso del servicio.
- ✓ Para el experimento estadístico, sus elementos fueron diseñados detenida y cuidadosamente bajo la asesoría del director y personas eruditas en las ciencias matemática y el área comercial pues un error en la estructura de las encuestas o el orden de realización de ellas puede conllevar a resultados erróneos.
- ✓ Luego de visitar los 6 lugares elegidos, hablar con la gente y escuchar sus críticas y comentarios, se entiende que los agentes que rodean la buena percepción de las personas



sobre el servicio de voz, no solo depende de la excelente configuración y optimización de la red, sino también de la fuerza humana exigida para responder a todas las expectativas no técnicas del servicio.

- ✓ La red puede tener internamente muchos problemas que no siempre van a ser percibidos por el usuario y solo en algunas ocasiones se alcanzan a percibir, las variaciones de parámetros técnicos.
- ✓ El KPI más crítico de los elegidos, es el SDCCHDropRate, ya que sus sitios asociados tienen los porcentajes más bajos de usuarios conformes con el servicio.
- ✓ No siempre los sectores con KPIs disparados, son los que generan inconformidad en los usuarios. Puede darse el caso que sectores donde se reciben muchas quejas, no tengan KPIs disparados.
- ✓ Cuando se analicen problemas de calidad de red, no basta con analizar el KPI. Los contadores deben ser analizados con detenimiento para detectar la falla específica.
- ✓ Los KPIs deben ser establecidos con valores exigentes, de manera que la cantidad de personas que tengan problemas tienda a ser nula o no considerable para la totalidad de usuarios. De esta manera, se logra una buena calidad.
- ✓ La opinión y acercamiento a los usuarios es muy importante, porque permite saber el grado de aceptabilidad real y no solo basado en parámetros técnicos; pues para mejorar una red, no siempre es necesario invertir grandes cantidades de dinero, pues algunas veces puede resultar útil afinar pequeños detalles de lo que se tiene.
- ✓ Cuando se realizan encuestas, se debe interactuar con cada encuestado y lograr que entienda claramente que es lo que se quiere saber. Aunque es difícil, ayuda a eliminar información basura.
- ✓ La sociedad del conocimiento se ve enriquecida grandemente, pues con la presente investigación se hace una inferencia con un margen de error del orden del 5% frente a la correlación de la percepción del usuario y los parámetros técnicos de la red, siendo el primer estudio que se realiza sobre una red comercial actualmente en funcionamiento.
- ✓ Es recomendable hacer las preguntas de la encuesta de manera verbal, porque pueden ser interpretadas erróneamente por los usuarios y conlleva a resultados erróneos.
- ✓ A la hora de encuestar, es importante presentar casos ejemplares de cada pregunta con el fin de que el usuario comprenda que es lo que realmente se quiere saber.



- ✓ La aplicación utilizada para el análisis de KPIs, debe considerar los parámetros y condiciones que la empresa haya venido definiendo para que el criterio y diseño de las herramientas sea uniforme y sus resultados se soporten mutuamente.
- ✓ El desarrollo de trabajos de investigación en convenio colaborativo con empresas, además de aportar a la comunidad investigativa, aporta al desarrollo tecnológico e innovación de la sociedad y permite la aplicación de la teoría a problemas reales.
- ✓ Para la realización de un proyecto de este tipo, es necesario que la parte comercial y técnica, tengan un lenguaje común y se trabajen en conjunto.
- ✓ Las decisiones que tome la empresa en cuanto al tema de calidad percibida, pueden considerar la correlación obtenida en este estudio.



## TRABAJOS FUTUROS

- ✓ Se propone realizar el mismo estudio para el servicio de datos.
- ✓ Analizar más KPIs del servicio de voz.
- ✓ Realizar análisis de nuevos parámetros técnicos, para lo que se necesita más información y herramientas.
- ✓ Realizar el mismo estudio en otra red y obtener una comparación con este proyecto.
- ✓ Realizar análisis de KPIs para otras redes y/o servicios.





## ACRÓNIMOS

<b>2G</b>	2th Generation
<b>3G</b>	3th Generation
<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project
<b>AGCH</b>	Access Grant Channel
<b>AQUINIRH</b>	Attempted Outgoing Intercell Handovers
<b>AssSuccRate</b>	Assignment Success Rate
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BCH</b>	Broadcast Channel
<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>BSC</b>	Base Station Controller
<b>BSS</b>	Base Station System
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station
<b>CAC</b>	Call Admission Control
<b>CBCH</b>	Cell Broadcast Channel
<b>CCCH</b>	Common Control Channel
<b>CCH</b>	Control Channel
<b>CRT</b>	Comisión de Regulación de Telecomunicaciones
<b>CSSR</b>	Call Setup Successful Rate
<b>DCCH</b>	Dedicated Control Channel
<b>DL</b>	Down Link
<b>DM</b>	Disconnect Mode
<b>E2E</b>	End to End
<b>ETSI</b>	European Telecommunication Standards Institute



<b>FACCH</b>	Fast Associated Control Channel
<b>FCCH</b>	Frequency Correction Channel
<b>FER</b>	Frame Error Rate
<b>FR</b>	Full Rate
<b>FTP</b>	Forced Termination Probability
<b>GoS</b>	Grade of Service
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GSM</b>	Global System for Mobile communications
<b>HDLC</b>	High-Level Data Link Control
<b>HR</b>	Half Rate
<b>ImmAssSuccRate</b>	Immediate Assignment Success Rate
<b>IMSI</b>	International Mobile Subscriber Identity
<b>InterCellHOSuccRate</b>	Inter Cell Intra BSC Handover Success Rate
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>KPIs</b>	Key Performance Indicators
<b>La UIT-T</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>MCC</b>	Mobile Country Code
<b>MNC</b>	Mobile Network Code
<b>MOS</b>	Mean Opinion Score
<b>MSC</b>	Mobile Switching Center
<b>NRFLTCH</b>	Number of Lost Radio Links while using a TCH
<b>NSUCCHPC</b>	Successful Immediate Assignments of Signalling Channels
<b>O&amp;M</b>	Operación y Mantenimiento
<b>OSS</b>	Operation and Support System



<b>PCH</b>	Paging Channel
<b>PCH</b>	Paging Channel
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>PSQM</b>	Perceptual Speech Quality Measure
<b>QoE</b>	Quality of Experience
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RACH</b>	Random Access Channel
<b>SACCH</b>	Slow Associated Control Channel
<b>SCCP</b>	Signaling Connection Control Part
<b>SCH</b>	Synchronization Channel
<b>SDCCH</b>	Stand alone Dedicated Control Channel
<b>SGSN</b>	Serving GPRS Support Node
<b>SLA</b>	Service Level Agreement
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SOUINIRH</b>	Successful Outgoing Intercell Handovers
<b>SS</b>	Switching System
<b>SSSProcSuccRateCStotal</b>	Total SSS Procedures Success Rate related to Call Setups
<b>SUCTCHSE</b>	Successful TCH Seizures
<b>TA</b>	Timing advance
<b>TAM</b>	technology adaptation model
<b>TASSFAIL</b>	Total Number of Assignment Failures):
<b>TCH</b>	Traffic Channel
<b>TRAU</b>	Transcoder and Rate Adaptation Unit
<b>TRX</b>	Transmission and Reception
<b>UL</b>	up Link



<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>UNIHALC</b>	Unsuccessful Internal Handovers Intracell with Loss of MS
<b>VAD</b>	Voice Activity Detector



## Capítulo 1 : DEFINICIÓN DE QoE, QoS EN REDES GSM Y SU RELACIÓN

La calidad es una propiedad inherente a un grupo de componentes involucrados en el desarrollo de un producto o la prestación de un servicio, y puede ser definida de diferentes formas dependiendo del entorno en que se encuentre. En el ámbito de las telecomunicaciones móviles con tecnología celular GSM; la calidad de servicio está asociada a la forma cómo interactúan los diferentes elementos de red con el fin de prestar un buen servicio, pues está relacionada con la disponibilidad de recursos y elementos necesarios en cada punto de red, para que un usuario tenga una buena experiencia al intentar establecer y mantener un tipo de comunicación, sea de voz o de datos. Estos recursos se asignan dinámicamente de acuerdo a la demanda de tráfico que el servicio tenga.

A diferencia de otros servicios, las redes de telefonía celular se enfrentan a cambios constantes que afectan su funcionamiento, como por ejemplo: el incremento de usuarios y las nuevas edificaciones en el caso de las zonas urbanas; por esta razón, las redes deben ser constantemente monitoreadas y/o corregidas según sea necesario. La optimización es un proceso continuo que se realiza una vez la red es puesta en funcionamiento, cuyo principal objetivo es lograr que todos los usuarios tengan siempre un buen servicio a un costo razonable. La calidad de servicio se ha convertido en una estrategia prioritaria y día a día son más los que tratan de definirla, medirla, implementarla, regularla y, finalmente, mejorarla. Un alto nivel de calidad de servicio logra una diferenciación respecto a la competencia, lealtad de sus usuarios y atracción de nuevos clientes [1].

Los dispositivos móviles se han convertido en un elemento fundamental de uso diario para el entorno laboral, personal y social; sus bajos costos y su gran utilidad, han permitido una alta penetración de la telefonía móvil celular en la mayoría de sociedades en el mundo [2]. En Colombia la penetración es del 70%, según el informe sectorial de telecomunicaciones número 10 realizado por la CRT (*Comisión de Regulación de Telecomunicaciones*) [3].

### 1.1 DEFINICIÓN DE QoS

El concepto de calidad de servicio, puede tener diferentes significados dependiendo de los factores influyentes [4]; es decir, para un cliente, la calidad es la diferencia entre sus expectativas sobre el servicio que va a recibir y sus percepciones sobre el servicio efectivamente recibido; en otras palabras, es el grado de satisfacción que esa persona haya experimentado, lo que obedece al grado de cumplimiento que se esperaba en cuanto a tarificación, publicidad, atención al cliente, etc. [5]. Por otra parte, desde el punto de vista de red, la calidad servicio es el efecto colectivo de un grupo de componentes (como los terminales, la red de acceso, el núcleo, etc.) que influyen en el desempeño de un servicio, que determina el grado de satisfacción de un usuario final [6] [1].



La calidad de servicio es por naturaleza una medida técnica y métrica, se expresa en términos de redes y de dispositivos y por eso no puede ser muy bien interpretada por los usuarios. La UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) define la QoS (*Quality of Service*) en E.800 como: “Efecto global de las prestaciones de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio” [7].

El término QoS, tiene un significado específico en el área de las telecomunicaciones, que se refiere a la usabilidad y rendimiento de redes y servicios [8]. La QoS, es una medida cuantitativa que puede describir la capacidad de una red para transmitir o tratar información de forma adecuada y así proveer un mejor servicio, seleccionando los diferentes tipos de tráfico sobre diferentes tecnologías [8] [9]. Las redes cableadas que soportan la QoS típica, pueden acordar un nivel de calidad dependiendo del tipo de tráfico que requiera la aplicación en la fase de establecimiento de sesión y con eso asegurar recursos de red o brindar mejor tratamiento a cierto tipo de tráfico, esto funciona bien para redes fijas<sup>1</sup> [10], pero en redes móviles celulares hasta 2.5G, no es posible asegurar o reservar recursos debido a las condiciones cambiantes e impredecibles [11]. La calidad del servicio está compuesta por tres aspectos que son: accesibilidad a la red, accesibilidad al servicio e integridad del servicio.

## 1.2 QoS EN REDES GSM

La definición de calidad de servicio en redes GSM, es la misma definición de la UIT-T para la QoS en general (E.800). A diferencia de la QoS típica, la QoS en GSM **no** está basada en la idea de reservar recursos porque no siempre es posible garantizar un trato especial. En ambientes móviles e inalámbricos como GSM, las condiciones de red cambian constantemente de forma aleatoria a nivel de radiofrecuencia [11] [12]; es así, que cuando un usuario está en movimiento le es imposible a la BSC<sup>2</sup> (*Base Station Controller*) reservar recursos en todas las BTSs<sup>3</sup> (*Base Transceiver Station*) a las que probablemente acceda [13]. En dichas redes se logra brindar un buen nivel de calidad mediante la utilización de otro tipo de mecanismos basados en modelos de tráfico (para lo que generalmente se utilizan modelos estadísticos de distribución, como el Monte Carlo [13]).

A continuación se mostraran los tres aspectos generales que componen la calidad de servicio, enfocados a las redes móviles [13] [14].

---

<sup>1</sup> Aunque las redes móviles celulares de 3G como UMTS, tienen también un mecanismo de control de admisión que permite negociar recursos de red en la fase de establecimiento de sesión o mientras se está utilizando el servicio, en el segundo caso, se hace una renegociación.

<sup>2</sup> Es una entidad funcional dentro de la red GSM responsable de controlar las estaciones base.

<sup>3</sup> Es una parte de la red GSM que facilita la comunicación entre los usuarios móviles y la red. Se encarga de transmitir y recibir información.



### 1.2.1 Accesibilidad a la Red

Para las redes móviles, la accesibilidad tiene en cuenta:

- ✓ El nivel de potencia recibido: Depende de donde se encuentre el dispositivo móvil dentro de la zona de cobertura de una BTS. La pérdida de cobertura temporal o permanente es una de las causas más frecuentes de pérdida de calidad. En la tecnología GSM, el parámetro que indica la cobertura es el *RxLev*.
- ✓ La disponibilidad de la red: Es la probabilidad de acceso exitoso a la red en un tiempo y una locación determinada. Es percibida por el usuario cuando realiza una petición para acceder a un servicio pero la red no provee respuesta alguna a dicha solicitud.

### 1.2.2 Accesibilidad al Servicio

Se refiere a la manera en la que el usuario puede conectarse al servicio contratado a través de la red de acceso móvil; es de gran importancia para los operadores tener un control de acceso, para garantizar un porcentaje de disponibilidad de los equipos; por ejemplo, es posible que un equipo tenga un promedio de falla del 0,01% lo cual significa que una persona tendrá 10 segundos menos de accesibilidad en las veinticuatro horas del día [5] [14]. Entre algunas razones para que el acceso tenga fallas se puede encontrar que:

- ✓ No exista cobertura de celda.
- ✓ La celda a la que se tiene acceso se encuentre bloqueada: comúnmente conocido en sistemas celulares como *cell barred*, esto se puede dar cuando una celda está reservada exclusivamente para llamadas de emergencia o para un grupo de personas con única prioridad.
- ✓ No exista conexión al SGSN (*Serving GPRS Support Node*)<sup>4</sup> desde la MSC (*Mobile Switch Center*)<sup>5</sup>, fallas en el core de la red.
- ✓ Se presenten fallas en los trayectos de red, señalización u otras causas.

La accesibilidad al servicio también incluye:

- ✓ Tiempo de acceso a un servicio: Es el tiempo que pasa desde que el usuario envía una solicitud de acceso a un servicio hasta que recibe una respuesta ya sea positiva o negativa.

---

<sup>4</sup> Es el equivalente al MSC en la red GSM. Su función principal es la conmutación de paquetes de datos.

<sup>5</sup> Es el componente encargado principalmente de las funciones básicas de conmutación de la red GSM.



- ✓ La indisponibilidad del servicio: Generalmente; se debe a causas como congestión, desactivación temporal, caída del servicio, etc.
- ✓ El resultado del acceso al servicio: Este resultado puede ser correcto cuando la red entrega al usuario una respuesta satisfactoria a su petición o incorrecto cuando el servidor no responde o proporciona un resultado no esperado ni satisfactorio.

### 1.2.3 Integridad del Servicio

Los parámetros influyentes son:

- ✓ Las caídas del servicio: Esto ocurre cuando la utilización del servicio es interrumpida y terminada por motivos ajenos a la voluntad del usuario.
- ✓ La calidad de la señal vocal: Está relacionado directamente con los servicios de voz y es una valoración de calidad y nitidez de la voz en el receptor, siendo un indicador del estado de calidad de una red. En GSM/GPRS se indica con el parámetro *RxQual*.
- ✓ La calidad en la transmisión de datos: Es medida con la tasa de error de bit BER (*Bit Error Rate*) que evalúa la calidad del canal de transmisión de datos en función de la cantidad de errores que se producen en él.
- ✓ Tiempo de establecimiento de conexión: Es el tiempo que tarda el usuario desde que solicita el servicio hasta que se le asigna un canal de comunicación. Conocido también como tiempo de establecimiento de conexión *end to end*; es una medida subjetiva, dado que es muy difícil definir el grado de tolerancia que puede tener un usuario cuando quiere realizar una llamada o enviar información [15].

Según la ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) recomienda que el retardo de establecimiento *end to end* para una comunicación de voz a través de una red IP fija no debe superar los 4 segundos.

Para el estándar GSM, el retardo para el establecimiento de llamada recomendado y tolerable para la percepción del usuario es de 2 segundos [8].

- ✓ Velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión: Es la cantidad de bits por segundo medido en un periodo de tiempo durante una transmisión.
- ✓ La efectividad del servicio: Es una relación entre la cantidad de accesos al servicio que se han completado satisfactoriamente y el número total de accesos realizados.
- ✓ Probabilidad del bloqueo del servicio: Un evento de bloqueo se hace efectivo cuando:





- El controlador de admisión de la red rechaza el intento de acceso del usuario.
- El tiempo de *setup* es demasiado largo y el usuario final decide abandonar la llamada. Es decir que el proceso que se lleva a cabo antes del repique tenga un retardo muy largo [15].
- Que exista bloqueo en una interfaz específica, el operador es quien define que interfaz se debe bloquear.

GSM utiliza diferentes procesos y técnicas que ayudan a mejorar la eficiencia del sistema, a mejorar la calidad y a aumentar la durabilidad de la batería de los móviles [15] [16].

Las técnicas más importantes se pueden encontrar en el Anexo A donde se detalla cada una, ya que en la actual configuración de la red GSM de COLOMBIAMÓVIL Cali se toma dichas técnicas por defecto<sup>6</sup>.

### 1.3 INDICADORES DE CALIDAD DE SERVICIO

Los indicadores de QoS o también llamados KPIs (*Key Performance Indicators*), están relacionados principalmente a cada servicio y a sus características, más no a la tecnología usada por el proveedor; en otras palabras, cada servicio tiene asociados sus propios KPIs que en conjunto definen su calidad y funcionamiento [14] [18]. Un KPI específico puede ser relevante para muchos usuarios en algunos países o mercados, pero el mismo parámetro puede no tener relevancia en otros, esto depende del grado de utilización que se le da a su servicio asociado y a la cultura del sector. Es por esto, que los usuarios, entes reguladores, proveedores de servicios, operadores de red y otras partes interesadas en el uso de KPIs de QoS, deben decidir en cooperación, los parámetros que serán usados. La decisión debe tener en cuenta [17] [18] [19]:

- ✓ El propósito preciso por el cual ellos van a utilizarse.
- ✓ El nivel de calidad general logrado por la mayoría de los operadores.
- ✓ El grado al cual los parámetros proveerán una comparación confiable de rendimiento.
- ✓ El costo de la medida y el reporte de cada parámetro.

Los KPIs pueden utilizarse para [20] [21]:

- ✓ Especificar el nivel de calidad de servicio que el cliente contrata o términos y condiciones de la prestación del mismo.

---

<sup>6</sup> Información publicada bajo la autorización de Colombia-Móvil TIGO, Cali.



- ✓ Para comparar la QoS de diferentes proveedores del mismo servicio para tomar decisiones o establecer estrategias de mercadeo y competencia.
- ✓ Preparar estudios a largo plazo en aspectos de QoS para un servicio específico, y en el caso de los usuarios, para comparar los aspectos de QoS de diferentes oferentes.

Para proveer una QoS satisfactoria, el proveedor de servicio necesitará tratar de asegurar una QoS adecuada por parte de los otros proveedores, para lo cual se realizan los llamados acuerdos de nivel de servicio SLA (*Service Level Agreement*) entre operadores o proveedores [22].

#### 1.4 ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MEDICIÓN DE QoS

- ✓ Las redes no son diseñadas con las mismas prioridades de cobertura. El diseño de la red puede estar influenciado por áreas particulares dependiendo de factores como densidad de usuarios; por ejemplo, en centros comerciales, edificios de oficinas, residencias, entre otros.
- ✓ El nivel de rendimiento absoluto de la red puede no ser muy importante para los usuarios a quienes únicamente les interesa el rendimiento en el área en la cual ellos están.
- ✓ La capacidad, comportamiento y cobertura de las redes móviles cambian frecuentemente, en consecuencia las medidas tomadas pueden cambiar en el tiempo.
- ✓ Las medidas de QoS varían en el curso del día. No es lo mismo hacer un estudio en horas de la madrugada que hacerlo en horas de mayor tráfico (hora pico).
- ✓ El rendimiento medido en las pruebas, aplica solamente para las rutas escogidas. La escogencia de las rutas puede que no represente el promedio de usuarios de toda la red pero da una idea en tiempo y ubicación del rendimiento de la misma.

#### 1.5 DEFINICIÓN DE QoE

El término de QoE (*Quality of Experience*) o calidad de la experiencia, ha tomado gran importancia en las diferentes compañías prestadoras de servicio, algunas compañías como Ericsson define la QoE como: “*La percepción subjetiva del usuario final frente a una aplicación o un servicio aceptado globalmente*” [23] y Nokia la define como: “*La percepción que tienen los usuarios frente al desempeño de la red y los servicios ofrecidos*” [24].

Para redes móviles, la definición de QoE se acoge al enunciado del 3GPP que la define como un método para medir de forma subjetiva el funcionamiento y desempeño de un sistema a través de la percepción del usuario [1].

QoE debe ir constantemente de la mano con la QoS, dado que para proveer una mejor QoE a los usuarios, es necesario administrar eficientemente los parámetros de QoS, de tal forma que se entregue efectividad a costos adecuados, logrando competitividad y eficiencia [10]. Manipulando los parámetros de calidad de red y la infraestructura asociada a los principales parámetros técnicos según



el servicio, se puede mejorar la percepción del usuario en cuanto a factores como disponibilidad, accesibilidad e interoperabilidad [11].

La medida de QoE permite saber qué tan buenos y qué tan útiles son los servicios para los usuarios, además de su grado de aceptación; ayuda al proveedor a mantener la fidelidad de sus clientes y la competitividad. QoE se puede utilizar como medio comparativo de suma importancia, porque su estudio no necesita sistemas especializados, le permite al operador compararse con otros operadores y realizar estrategias para mejorar sus servicios e incrementar su mercado [8].

Cuando una compañía provee una mejor QoE o tiene en cuenta la percepción de los usuarios en el diseño y optimización de su red de servicios, disminuye el riesgo de caer en gastos innecesarios, pérdida de ingresos y expande la visión del mercado; se ha estimado que alrededor del 82% de deserciones de clientes (los que van a la competencia) comúnmente llamado “*Churn*” en la compañías [1] [11], se deben a la mala experiencia del producto o servicio y a la incapacidad del operador para hacer frente a estos problemas. Se hace necesario que la QoE y la QoS sean monitoreadas y administradas constantemente, para que el rendimiento de la red vaya firmemente con la satisfacción y expectativa del usuario [7].

Hay que tener claro que; aunque QoS y QoE se refieren a la calidad de servicio desde diferentes perspectivas, deben ser estudiados y administrados con un entendimiento común desde la planeación, la implementación y el diseño por parte de los ingenieros [14] [15]. La administración de QoS y QoE puede ser clasificada en 4 categorías independientes [20] [23]:

- ✓ Planificación de la red.
- ✓ Provisión de servicio y QoS.
- ✓ Monitoreo de QoE y QoS.
- ✓ Optimización.

Los ítems: planificación de la red, provisión de servicio y QoS y optimización se encuentran en el Anexo B, pero el monitoreo de QoE y QoS está en la sección 1.10.

## 1.6 PERCEPCIÓN DE QoS POR LOS USUARIOS

Muchos de los procesos que se realizan para la prestación del servicio son invisibles por quien lo usa; no obstante cualquier falla, retardo, o mala configuración, generan de inmediato la reacción del usuario [11] [24]. La QoS que se percibe está ligada a:



### 1.6.1 QoS en el Establecimiento de la Llamada

Está relacionado directamente con lo que ve el usuario cuando requiere hacer una llamada o necesita acceder a un servicio de datos, va de la mano con el grado de servicio que se requiere (GoS - *Grade of Service*) [11].

Algunos de los indicadores de servicio son: Accesibilidad, Probabilidad de bloqueo de llamada y tiempo de establecimiento de conexión, que fueron en el ítem 1.2 [7].

### 1.6.2 QoS Durante la Conexión

En llamadas móviles, es conocido como "*Call Quality*", está definido como el grado de calidad de servicio que se le entrega al usuario una vez se ha establecido la conexión y así mismo el grado de calidad que él está percibiendo [8] [11].

Existen dos fenómenos importantes que pueden ocurrir durante la transmisión y recepción de información, sea de voz o de datos, estos son:

#### Duración Aceptable de una Interrupción en una Llamada

Cuando se inicia el flujo de información de usuario a través de una conexión establecida, se presentan problemas tales como: la velocidad del móvil, interferencias, presencia de ruidos, *handovers*, entre otros, que pueden ocasionar una interrupción del servicio; consecuentemente se define una duración de la interrupción máxima aceptable en una comunicación.

#### Probabilidad de Caída de Llamadas

La probabilidad de caída de llamadas como su nombre lo indica se refiere al proceso por el cual una llamada se da por terminada, debido a factores que dependen de equipos y medios de transmisión; es decir, que se llegue al final de la comunicación sin que el usuario haya tomado la decisión [4] [12].

### 1.6.3 Monitoreo de QoE Y QoS

Para alcanzar un buen nivel de QoE se debe tener en cuenta que por su naturaleza, ésta es una medida subjetiva y se debe buscar la metodología más eficiente para obtener datos con mayor proximidad a la realidad. Entre mejor sea la medida de QoE, mayores serán las posibilidades que tiene el operador para llegar a los parámetros que están involucrados directamente en la satisfacción de usuario, como son [1] [24]:

- ✓ Confiabilidad.
- ✓ Disponibilidad.



- ✓ Escalabilidad.
- ✓ Velocidad.
- ✓ Eficiencia.
- ✓ Exactitud.

Es posible que según los criterios de ingeniería basado en información de calidad arrojada por la red, deba ser necesario tomar medidas correctivas sobre la misma; sin embargo frente al usuario las correctivas implementadas pueden no representar ningún cambio en la percepción que se tiene del servicio, por ende es posible que los esfuerzos en la mejora de la red, no sean percibidos por el usuario. La experiencia de usuario normalmente se expresa en términos de sentimientos y no en números. La experiencia con el uso de un servicio puede ser excelente, muy buena, buena, regular o mala como se muestra en la figura 1-1. [1] [22]



*Figura 1-1. Medición de QoE*

Entre más alta sea la calificación (excelente), más alta es la conformidad y/o el grado de satisfacción por parte de los usuarios, lo cual le indica al operador que es altamente competitivo con ese servicio en el mercado y se asegura una alta fidelidad de los usuarios. [25]

Para medir QoE se debe [1] [26]:

- ✓ Determinar el servicio de interés sobre el cual se hará el estudio de QoE. Identificar los principales KPIs con mayor impacto en el servicio.
- ✓ Sectorizar geográficamente el lugar donde se realizarán las estadísticas teniendo en cuenta, el tipo, tasa y distribución de tráfico y horas pico, entre otras.
- ✓ Seleccionar los KPIs adecuados.
- ✓ Utilizar agentes móviles para obtener mejores resultados.



- ✓ Si el estudio se realiza a diferentes servicios se debe tomar de forma individual la medida de QoE según los valores de los KPIs seleccionados y luego tomar una medida para todos los servicios en conjunto.

El monitoreo de la QoS en la red GSM, se hace a través de los KPIs con relación directa en la percepción del usuario. Los indicadores son suministrados por el Sistema de Administración de Red NMS (*Network Management System*). Para monitorear la QoS conviene:

- ✓ Encontrar cuál es la relación entre los KPIs de QoS de la red y su efecto en QoE.
- ✓ Realizar tablas estadísticas sobre el comportamiento de los KPIs de QoS en la red.
- ✓ Clasificación de los usuarios según las medidas de QoE. Se deben considerar los KPIs de QoS utilizando modelos de tráfico y tipos de clúster.

### 1.8 DIFERENCIA ENTRE LO PERCIBIDO Y LO ESPERADO

Uno de los principales objetivos de QoE, es lograr medir de forma subjetiva el nivel de agrado, que tienen los usuarios cuando hacen uso de un producto o de un servicio. [26]

Hay que comprender dos conceptos necesarios en la medida de QoE: lo percibido y lo esperado, que por el hecho de ser complementarios tienden a manejarse como una única variable, pero el manejo adecuado debe ser independiente. Los dos conceptos son necesarios para medir la satisfacción del usuario. [27] [28]

La satisfacción del usuario, surge de la comparación de lo esperado y lo percibido. Lo esperado es aquello que nace de las necesidades del usuario y lo percibido se refiere a la forma como se han suplido esas necesidades.

Cuando se intenta medir la calidad percibida de forma adecuada y sobre todo que pueda brindar la información necesaria como soporte en la búsqueda de los objetivos de este proyecto, se deben tener en cuenta los siguientes puntos de comparación entre lo percibido y lo esperado por los usuarios [29]:

- ✓ Relación entre las expectativas del cliente y los parámetros de calidad de servicio.
- ✓ Diferencia entre la calidad de servicio acordada y la realmente entregada.
- ✓ Diferencia entre la expectativa del cliente y la calidad del servicio percibida.

La diferencia entre lo percibido y lo esperado se ilustra en la figura 1-2.



Figura 1-2. Diferencia de lo percibido y lo esperado

## 1.9 MODELOS DE EVALUACIÓN DE QoE

El estudio de la percepción del usuario, nace de un ámbito de la economía que busca encontrar la forma de medir el grado de satisfacción que tienen los usuarios frente a un servicio. Algunas de las metodologías encontradas fueron aplicadas inicialmente en ambientes comerciales, como centros de venta de productos y supermercados; luego estos modelos fueron evolucionados y adaptados para medir el grado en el campo de las telecomunicaciones. Al buscar medir la satisfacción se obtienen indicadores de calidad de servicio. Los modelos pueden ser de tres clases [28] [30] [31]:

### 1.9.1 Modelos objetivos

Los métodos objetivos también conocidos como métodos cognitivos; como su nombre lo indica, están basados en datos como número de quejas, solicitud de cambio de servicios por insatisfacción, falta de cobertura reportada, etc. [32]. Los actuales métodos objetivos para medir calidad de voz en la red GSM de TIGO, utilizan principalmente herramientas de *drive test* (COMARCO, TEMS, entre otros), y los indicadores de rendimiento (KPIs)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> La información autorizada por el convenio celebrado entre Unicauca y TIGO.



Un *drive test*, es una prueba en una determinada zona en donde se han generado quejas debido a fallas de cobertura o llamadas perdidas. Estas pruebas se hacen con un equipo especial que consta de un portátil con 3 periféricos que son: 1 GPS que muestra la ubicación actual y 2 equipos móviles, uno en modo ingeniería midiendo canales y eventos y el otro en modo normal, realizando llamadas. La prueba consiste en ir captando la potencia de la señal y la gráfica en tiempo y espacio, y la muestra en un mapa dibujando el camino según la calidad de señal. Esta prueba además de calidad de señal, muestra eventos de *handover* exitosos y fallidos, llamadas caídas, algunos KPIs y con algunas herramientas, incluso el MOS según las medidas tomadas. Aunque estas herramientas son muy buenas, no son suficientes y por eso se debe recurrir a métodos complementarios.

### 1.9.2 Modelos Subjetivos

Están basados en la medida individual de la percepción de servicio [27] [33], buscan encontrar el nivel de satisfacción del cliente. Estos modelos demandan bastante tiempo, y no son fáciles de aplicar por la cantidad de factores que hay que tener en cuenta para acercarse a la realidad de la percepción. Existen preguntas frecuentes tales como: ¿puede encontrarse una métrica concreta para medir la percepción individual?, pero entonces hay que remitirse al concepto inicial, donde se define que QoE no es una métrica como tal, sino es un concepto que involucra todos los elementos de red que determinan la satisfacción del usuario, y así tratar de llenar sus expectativas.

### 1.10 MÉTODO SUBJETIVO UTILIZADO

En este proyecto se aplica la filosofía del modelo SERVQUAL; que se basa en la definición de calidad como la diferencia entre lo percibido y lo esperado; se adaptará a las necesidades de los objetivos del proyecto y se detalla en seguida.

Los diferentes modelos subjetivos que se analizaron para la selección de que se aplicara en este proyecto se puntualizan en Anexo C.

#### 1.10.1 SERVQUAL

Es un modelo para medir la calidad de los servicios desarrollado por Parasuraman, Berry, y Zeithmal. Se conoce también como el “modelo de discrepancias”. Hay muchas definiciones para este modelo, algunas son:

*“Una escala multidimensional para capturar las percepciones y las expectativas del cliente sobre la calidad en el servicio” [34].*

*“Un instrumento resumido de escala múltiple, con un alto nivel de fiabilidad y validez que las empresas pueden utilizar para comprender mejor las expectativas y percepciones que tienen los clientes respecto a un servicio” [35].*





Su base metodológica consiste en la realización de entrevistas y encuestas, las cuales hacen énfasis claro sobre la discrepancia que existe entre la percepción y la expectativa que se tiene para un servicio:

Consta de 22 preguntas que se dividen en 5 categorías [34] [35]:

- ✓ Elementos tangibles: Imagen de las instalaciones, equipos, personal, folletos, medios de comunicación. Calidad de los recursos materiales.
- ✓ Fiabilidad: Medida de la eficiencia, eficacia y efectividad del servicio y su prestación.
- ✓ Respuesta: Disposición del personal para ayudar a los usuarios y proveerlos de un servicio rápido.
- ✓ Garantía: Medida de la veracidad y confianza del servicio que se presta.
- ✓ Empatía: Mide la capacidad de proveer al cliente una atención personalizada.

El modelo SERVQUAL tiene la característica de ser un modelo flexible que está sujeto a posibles cambios, según lo requiera el enfoque puntual de lo que se busca encontrar con el estudio de percepción.

### 1.11 RECOMENDACIONES DE LA ITU PARA LA MEDIDA DE CALIDAD

La ITU propone en las recomendaciones dentro de la serie P, un conjunto de métodos de evaluación objetiva y subjetiva de calidad. Algunas recomendaciones en el campo de las redes móviles son: **Rec. P.861, Rec. P.862, Rec. P.561, Rec. P.562, Rec. G107.**

Una vez explorados los conceptos fundamentales sobre la Calidad de Servicio: como los factores que afectan la calidad a nivel RF, las técnicas para mejorar QoS en GSM, los KPIs y la percepción de QoS; así como también la definición, administración y modelos de evaluación de la Calidad de Experiencia en tecnología GSM, se obtiene una base conceptual robusta que funciona como herramienta principal a lo largo de todo el proyecto.



## Capítulo 2 : ESCOGENCIA DEL SERVICIO A ESTUDIAR EN LA RED GSM DE COLOMBIAMOVIL – CALI Y SUS PRINCIPALES KPIs.

Los servicios prestados por un operador de telefonía móvil, tienen parámetros y características de calidad y funcionamiento, que deben ser analizados para conocer el desempeño, rendimiento y nivel de uso de los elementos de red; además de la calidad que perciben los usuarios y su grado de satisfacción cuando los utilizan.

Para el desarrollo de este proyecto, se realizó una exploración sobre los servicios que provee la empresa, con el fin de tener mayor claridad sobre las tecnologías empleadas para la prestación de los mismos. Se consultó información propietaria sobre el proveedor de los equipos porque generalmente los KPIs, son definidos por él.

En el presente capítulo, se presenta y justifica la escogencia del servicio que será el objeto de estudio e investigación del proyecto. Se hará un breve resumen de los canales e interfaces de la red GSM, con el fin de lograr una mejor comprensión de los principales KPIs que serán analizados.

### 2.1 SERVICIO ESCOGIDO

COLOMBIAMÓVIL - Cali<sup>8</sup> ofrece un amplio portafolio de servicios, que pueden clasificarse en dos grandes grupos: de voz y de datos. Hasta el momento, el servicio de voz ha sido el más popular e importante soportado por su red. Los servicios de datos han sido poco utilizados y se ven limitados al uso de aplicaciones de pequeño tamaño como los mensajes de texto; sin embargo, se espera que crezcan a medida que los usuarios descubran los nuevos y mejores servicios que prestarán las redes de tercera generación.

Para la escogencia del servicio, se entregó a la empresa dos propuestas donde se expuso la justificación del desarrollo del proyecto sobre el servicio de voz y de datos. Dentro de las propuestas, también se mostraron algunos KPIs consultados para cada uno de los servicios, con el propósito de que la empresa se aproximara a la infraestructura necesaria para ejecutar el proyecto y examinara la posibilidad de extraer información de los KPIs de sus estadísticas. Posteriormente se efectuó un análisis de factibilidad y conveniencia de las propuestas, llegando a la conclusión que el servicio a analizar sería: el servicio de voz.

---

<sup>8</sup> En el presente documento, entiéndase a TIGO de la misma manera que COLOMBIAMÓVIL – Cali.



### 2.1.1 Justificación

Con la evolución de las redes de comunicaciones, la voz no ha dejado de tener importancia cuando se trata de dar prioridad a la información y se ve reflejado en las redes móviles de tercera generación, donde se aplican criterios de calidad de servicio en la infraestructura de red, de forma que aunque se busque una mayor tasa de transmisión de datos, la voz tenga prelación. En la actualidad para TIGO, la voz es el servicio prioritario y se manifiesta en la cantidad de recursos destinados a atenderlo.

Dentro de los servicios prestados por la compañía, el servicio de voz, es el que genera mayor demanda de recursos de infraestructura de red, por ser el más utilizado por los usuarios; lo que significa que a través de él, los usuarios finales perciben constantemente el rendimiento de la red y por eso, la empresa presta mucha atención en mantener las comunicaciones *end to end* con un promedio de errores mínimo. Los servicios de datos en TIGO aunque han aumentado su uso, no son muy utilizados y por tal razón, en la actualidad su nivel de importancia es menor que el de voz.

Por otra parte, es factible realizar un estudio de calidad percibida sobre la voz, porque en la ciudad de Cali existe una cantidad suficiente de usuarios quienes pueden ser encuestados para obtener su opinión en cuanto al mismo.

Algunos estudios realizados sobre el servicio de voz, han arrojado resultados como la tabla MOS (*Mean Opinion Score*), de donde se pueden calificar el grado de satisfacción que tienen los usuarios frente a la calidad de una comunicación sin embargo, no permite conocer el grado de eficiencia de la red ni saber la causa técnica de esta calificación.

Es claro que debido a la sub utilización del servicio de datos, el 97% de las quejas reportadas por los usuarios son del servicio de voz<sup>9</sup>, por tal razón se asume que es el servicio que causa mayor inconformidad en los mismos. Entre las principales quejas globales de los usuarios son:

- ✓ Falta de cobertura en algunos sitios lejanos de la ciudad.
- ✓ Caída de llamadas en el sector centro.
- ✓ Distorsión en la llamada en algunos sectores
- ✓ Problemas de acceso al servicio al cliente.
- ✓ Muchos mensajes de publicidad

En conjunto con los ingenieros asesores de la empresa y consultores externos a ella, se determinó que el desarrollo del proyecto sobre el servicio de voz es más útil en la actualidad e interesante, porque además de todas las razones anteriores, no existe un esquema comparativo que correlacione los KPIs de QoS y la percepción del usuario, que será el fruto de la investigación.

Así se cumple de manera adecuada y satisfactoria el primer objetivo planteado en el anteproyecto.

---

<sup>9</sup> Información suministrada por el área comercial de la compañía.



## 2.2 KPIs PRINCIPALES PARA EL SERVICIO DE VOZ

Los KPIs, su definición y manejo, dependen del proveedor de los equipos de la infraestructura de red y las necesidades de la compañía. El proveedor de la red GSM de COLOMBIAMÓVIL es Siemens, quienes han realizado dos documentos, uno donde se encuentran todos los KPIs que están implementados en sus equipos y otro donde están sus contadores.

Los contadores son diferentes tipos de medidas (como por ejemplo, conteo de algún tipo de comando o mensaje) y se toman por los elementos de gestión y control de red en diferentes elementos y/o interfaces de la misma. Para analizar el estado de la red, tanto los contadores como los KPIs, se toman en horas pico.

Los contadores solo son medidas puntuales, pero cuando se define una relación entre ellos, puede brindar información muy útil para estipular el comportamiento de la red; los KPIs son relaciones de estos contadores y aunque están definidas por Siemens, la empresa puede modificarlos según considere conveniente. Siemens ha organizado 101 KPIs en 18 grupos y 166 contadores en 13 grupos como se muestran en los Anexos D y E

El equipo de optimización y planeación de red de COLOMBIAMÓVIL, identifica fallas en zonas específicas haciendo uso de una aplicación de gestión y control, para consultar y analizar el estado o valor de cada uno de los KPIs, tanto para voz como para datos; sin embargo, esta herramienta no permite conocer en detalle el valor de los contadores asociados a cada KPI. Los contadores se encuentran en bases de datos y es ahí donde se deben consultar; entonces, cuando se analizan, se pueden detectar fallas y tomar medidas correctivas y/o preventivas según sea necesario.

Millicom (empresa multinacional propietaria de COLOMBIAMOVIL), con su experiencia en eficiencia y rentabilidad, ha definido seis KPIs principales a los que se les presta mayor atención y son presentados a través de informes diarios y/o semanales, para algunos de ellos se les han establecido valores de umbral diferentes según la zona de ubicación: urbana y rural.

Los informes muestran sectores<sup>10</sup> con valores críticos de KPIs por regional<sup>11</sup> y se organizan por posiciones de forma descendente según la cantidad de días que el KPI haya tenido un valor crítico. Se conoce como ranking y sirve para detectar problemas que se han presentado en sectores durante un periodo de tiempo.

Los KPIs definidos por Millicom son:

- ✓ TCH\_DROP
- ✓ SDCCHDrop

---

<sup>10</sup> Se define como sector a la zona de cobertura de una antena.

<sup>11</sup> En Colombia, existen 5 regionales de COLOMBIAMÓVIL que son: Centro, Costa, Noroccidente, Oriente y Suroccidente.



- ✓ TRAFFICLOSS
- ✓ FER
- ✓ CSSR
- ✓ HO

Antes de entrar en detalle sobre el manejo de estos KPIs, se considera necesario un resumen donde se muestre de manera muy general las interfaces, los canales de tráfico y de control y los mensajes definidos en el estándar de GSM que aquí se van a utilizar, para una mejor comprensión del documento.

### 2.3 CANALES DE TRÁFICO, DE CONTROL, INTERFACES Y MENSAJES DE GSM

Aquí se detalla de manera general los canales lógicos y físicos, se muestran las interfaces y se describen los mensajes que se tienen en cuenta para el incremento de los contadores asociados a los KPIs.

El estándar GSM define dos grandes grupos de canales que son: los canales físicos y los canales lógicos, de forma que los canales lógicos se mapean en los canales físicos para conseguir una comunicación entre las estaciones móviles y las BTSs. Por otra parte, las interfaces son dispositivos que comunican los componentes de red a través de mensajes y comandos, ya sea dentro del subsistema de radio o del subsistema de conmutación.

Los canales lógicos tienen a su vez dos grupos que son los llamados canales de tráfico *TCH (Traffic Channel)* y canales de control *CCH (Control Channel)*. Los primeros llevan información de usuario como datos, voz y alguna información de señalización de red en dos subcanales conocidos como canales de control asociados rápido y lento: *SACCH (Slow Associated Control Channel)* y *FACCH (Fast Associated Control Channel)*; los segundos como su nombre lo dice, llevan información de control necesaria para el funcionamiento de la red aunque a veces llevan simultáneamente alguna información de usuario [37] [1].

En la figura 2-1 se muestra un esquema de los canales lógicos y de control que son explicados detalladamente en el anexo F.

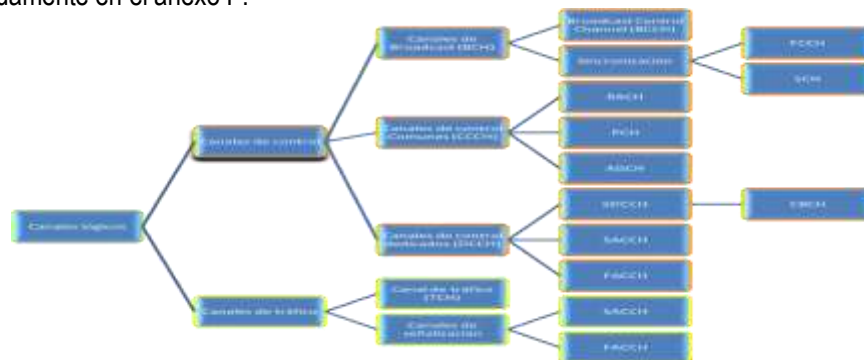


Figura 2-1. Canales lógicos y de control

el Anexo F para entrar en detalle sobre los canales involucrados en los procesos de comunicación de la red GSM.

### 2.3.1 Interfaces de GSM

El estándar GSM define las interfaces Air, A, A-Bis, B, C, E, G y H como se ve en la figura 2-2, que comunican a las diferentes partes de la red como se muestra en la figura 2-2. Por medio de ellas, se envían los mensajes de control o comandos que determinan los valores de algunos contadores [1] [37].

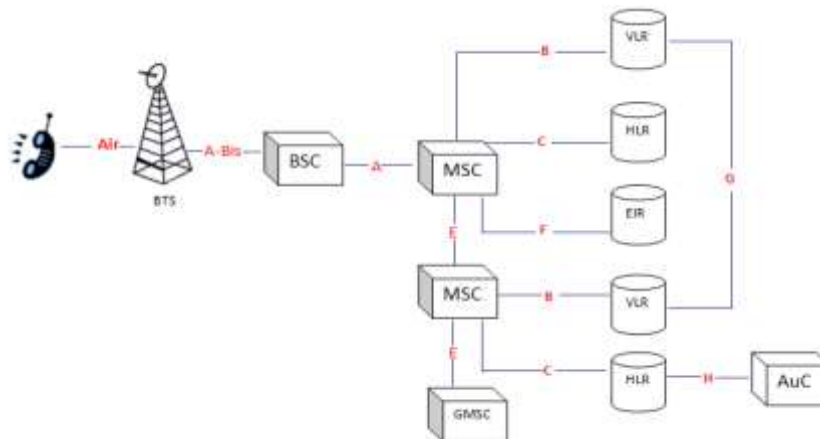


Figura 2-2. Interfaces de GSM

Se debe entra en detalle sobre la explicación de los mensajes cursados entre los diferentes sistemas de GSM se hace con el objetivo de comprender el lenguaje de la red, apreciar la secuencia paso a paso en los procesos de comunicaciones exitosas y fallidas, y así interpretar correctamente lo que la red quiere mostrar. Sin embargo esta información se encuentra especificada en el Anexo G.

Es muy importante que el lector tenga presente los Anexos F y G pues en adelante se asumirá que el lector tiene claro los conceptos ahí enunciados

## 2.4 ANÁLISIS DE LOS KPIs SELECCIONADOS

Para el desarrollo de este proyecto se han tomado 3 KPIs principales que son: el handover, el SDCCHDrop y el TCHDrop, que están dentro del grupo de los KPIs. La principal razón por la que fueron escogidos es porque prestan mayor atención en la regional suroccidente de TIGO y porque



generan un impacto fuerte a la percepción del usuario, en su mayoría desembocan en caída de llamadas o niveles de calidad malos en la comunicación, permitiendo evaluar correctamente la opinión del usuario.

Los 3 KPIs mencionados, se refieren a la caída o terminación de llamada no inducida por los usuarios. No se escogieron KPIs de calidad de voz porque el principal KPI para analizarla, es el FER y los estudios realizados revelan que la red no tiene problemas significativos que amerite un estudio sobre él; no necesariamente indica que la calidad de voz sea excelente, pero sí que es muy buena y no hay impacto en la percepción de usuario.

A continuación se describen los seis contadores escogidos por Millicom, y se profundiza en SDCCHDrop, TCHDrop y *Handover* que han sido seleccionados para la ejecución del proyecto. Toda la información relacionada a los KPIs, mensajes y contadores se obtuvo de las referencias [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] y [45]. Para fines de diferenciar cuales de las siguientes siglas son KPIs y cuales son contadores, en lo sucesivo, se utilizarán las siguientes convenciones para hacer referencia a KPIs y contadores:

**SIGLA DEL KPI** (*Nombre completo del KPI*) descripción.

**SIGLA DEL CONTADOR** (*Nombre completo del contador*): descripción.

Los contadores se presentarán en este documento, con la siguiente nomenclatura:

[1] indica que solo se toma el subcontador 1 del contador.

[1..4] indica que toma los subcontadores 1, 2, 3 y 4 del contador.

[2, 4] indica que toma los subcontadores 2 y 4 del contador.

[1..4, 10..13] indica que toma los subcontadores 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12 y 13.

A continuación se presentan los KPIs escogidos para el análisis de QoS, sin embargo los 3 KPIs restantes de Millicom se pueden estudiar en el Anexo H.

#### **2.4.1 TCHDrop (Number of Dropped TCH Connections)**

El TCH\_DROP es el número de canales de tráfico caídos, o desde el punto de vista del usuario, el número de llamadas caídas. No tiene en cuenta los TCH que se caen en partes diferentes a la BSS (como por ejemplo TCHs caídos por procesamiento en la MSC), ni los TCHs liberados cuando ocurre un proceso de *handover* entre BSCs.

Siemens define este KPI como:



$$TCH_{DROP} = NRCLRREQ[1..3, 5..12, 14..18]$$

**NRCLRREQ** (*Number of Clear Request Messages*): cuenta el número de mensajes de solicitud de “clear” (CLEAR REQUEST) enviados desde la BSC a la MSC por la interfaz A. Con este mensaje, la MSC da inicio al proceso de “clear” para liberar un recurso. NRCLRREQ tiene 26 subcontadores que diferencian las causas por las que se ha enviado un CLEAR REQUEST; no se tiene en cuenta los subcontadores que son debidos a indisponibilidad en los recursos de radio ni los que son para SDCCH.

El contador se incrementa para la celda en la que ocurrió el evento que causó el envío del mensaje CLEAR REQUEST.

TIGO precisa a este KPI como sigue:

$$TCH_{DROP} = NRFLTCH[1..5, 7, 8, 10..14, 16, 17, 19..23, 25, 26, 28..32] + UNIHIALC[1] + UNIHIRLC[1]$$

**NRFLTCH** (*Number of Lost Radio Links while using a TCH*): es el número de conexiones o enlaces de radio (desde el punto de vista de la BTS) perdidas mientras se está utilizando un TCH. Algunas de las causas para que este contador se incremente son:

- ✓ Que la BTS le envíe a la BSC un mensaje de CONNECTION FAILURE INDICATION o uno de ERROR INDICATION. Se debe tener en cuenta que si se reciben estos dos mensajes por el mismo canal, solo se cuenta 1 vez.
- ✓ Expiran temporizadores relacionados con *handovers* inter o intracelda e intersistema. El *handover* intersistema no se considera actualmente en la red GSM de TIGO en el suroccidente Colombiano, porque aún no ha sido implementado otra tecnología con soporte de voz. Si una atención a un *handover* falla en la celda destino, la celda origen recibe un HANDOVER FAILURE y la BTS destino envía a la BSC destino un mensaje de CONNECTION FAILURE INDICATION; entonces, los contadores en la BSC destino son actualizados aunque la estación móvil pueda engancharse nuevamente a la vieja celda.

Este contador distingue 9 causas (subcontadores) para cada tipo de configuración del canal TCH (Half Rate y Full Rate) dentro de cada tipo de celda<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Existen tipos de celda concéntrica, extendida y estándar. COLOMBIAMOVIL – CALI tiene únicamente celdas estándar por lo que toma hasta el NRFLCTCH[18] que son los de las celdas estándar.





**UNIHALC** (*Unsuccessful Internal Handovers Intracell with Loss of MS*): es el número de *handovers* intracelda que han fallado y como consecuencia se pierde la comunicación con la estación móvil. Solo se consideran las fallas de los *handovers* controlados por la BSC.

La causa por la que se incrementa este contador, es la expiración del temporizador BSCT10, que inicia cuando la BSC envía un ASSIGNMENT COMMAND; el BSCT10 se detiene normalmente cuando la estación móvil ha sintonizado correctamente el canal, de tal forma que si se ha perdido la conexión con la estación móvil, no llegará el mensaje de confirmación y el temporizador expira.

El valor del BSCT10 debe ser menor a 1 segundo, que es el tiempo establecido para que la estación móvil reciba el comando ASSIGNMENT y sintonice el nuevo canal.

**UNIHIRLC** (*Unsuccessful Internal Handovers Intercell with Loss of MS*): cuenta el número de veces que expira el temporizador BSCT8. Este temporizador inicia cuando la BSC envía un mensaje HANDOVER COMMAND y se detiene normalmente cuando la estación móvil ha tomado el nuevo canal. No tiene en cuenta los *handovers* controlados por la MSC. El temporizador BSCT8 se define como:

$$T3124 + \text{delta} < BSCT8 < \text{Min}(TTRAU, TSYNC, TMSRFPCI)$$

De donde:

T3124: es un temporizador que se utiliza cuando se está capturando un canal durante el proceso de *handover*. Cuando dos celdas no se sincronizan, la red no responde a una señal especial y el temporizador expira; su valor se establece en 675 ms si se ha asignado en el *handover* un canal SDCCH y si no, su valor es de 320 ms.

*Delta*: es el tiempo entre la generación de un HANDOVER FAILURE por la estación móvil y la recepción del mensaje por la MSC. Este valor es de 680 ms.

TTRAU: es el tiempo que tarda la TRAU en enviar una trama indicando su estado "idle" o libre.

TSYNC: este temporizador define el tiempo, que será utilizado por el BTS para supervisar el periodo de manipulación de una trama.

TMSRFPCI: es un temporizador que sirve para instaurar un valor límite a diferentes temporizadores. El BSCT8, debe ser menor que el TTRAU o el TSYNC o 20 sg correspondiente a TMSRFPCI.

TIGO considera como valores críticos para TCHDrop, los valores mayores que 1 para las zonas urbanas y mayores que 1.5 para las zonas rurales.

**TCH\_Drop\_Rate** son las conexiones TCH caídas que han sido inducidas por la BSC. Es una relación entre las conexiones TCH que se cayeron con el número total de conexiones establecidas (recordar



que una estación móvil puede tener más de un TCH); sus valores son tomados para cada celda y considera los TCH establecidos por procesos de *handover*.

Siemens define el TCH\_DROP\_RATE como:

$$TCH_{DropRate} = \frac{TCH_{Drop}}{SUCTCHSE[1,2]}$$

**SUCTCHSE** (*Successful TCH Seizures*): es el número total de canales TCH asignados exitosamente dentro de una celda. Cada subcontador, indica la configuración del TCH (siendo 1 Full Rate y 2, Half Rate).

#### 2.4.2 SDCCH\_DROP (Number of dropped SDCCH Connections)

El SDCCH\_DROP es el número de conexiones SDCCH caídas. Puede ocurrir para cualquier tipo de conexión, es decir datos y voz. Siemens define este KPI como:

$$SDCCH\_DROP = NRCLRREQ[19..21, 23..26] + TASSFAIL[1,6,11]$$

El contador NRCLRREQ funciona de igual manera que el mostrado en el TCH\_DROP con la diferencia que se toman los subcontadores desde el 19 hasta el 26, que son el número de CLEAR REQUEST asociados a los canales SDCCH, el subcontador 22 es debido a indisponibilidad de recursos de radio y no se cuenta.

**TASSFAIL** (*Total Number of Assignment Failures*): mide la cantidad de intentos de asignación de canal TCH o SDCCH que fallaron. Este contador incrementa cuando la BSC envía a la MSC, un mensaje de ASSIGNMENT FAILURE por la interfaz A. Los subcontadores 1, 6 y 11 corresponden a mensajes de falla en la interfaz de radio para SDCCH, TCH/FR y TCH/HR.

**SDCCH\_Drop\_Rate** es la tasa de todas las conexiones SDCCH perdidas cuando se solicita un canal SDCCH.

$$SDCCH_{DropRate} = \frac{SDCCH_{Drop}}{NSUCCHPC[1..6]}$$

**NSUCCHPC** (*Successful Immediate Assignments of Signalling Channels*): es el contador del número total de asignaciones exitosas de canales de señalización e incrementa cuando la BSC recibe un mensaje ESTABLISHMENT INDICATION, que es enviado sobre la interfaz A-Bis.

Cada uno de los subcontadores, distingue causa y tipo de canal asignado y para SDCCHDrop, solo se toman los subcontadores del 1 al 6 que son los asociados al canal SDCCH. Las causas son:

1. Respuesta a un paging (MTC).



2. Llamada de emergencia.
3. Restablecimiento de llamada.
4. Móvil originando una llamada u otro servicio.
5. Actualización de ubicación u otras causas.
6. Diferentes procedimientos (IMSI detach, SMS, etc.)

TIGO define 0.7% como valor máximo permitido de este KPI para zonas urbanas y para zonas rurales.

### 2.4.3 HANDOVER (HO)

Se llama *handover* al proceso donde se cambia de un canal de radio (SDCCH o TCH) a otro mientras una estación móvil tiene una conexión activa a una BTS. Este cambio de canal se debe generalmente a que la estación móvil está en movimiento y se aleja de la BTS (sale de su zona de cobertura) que atendió su petición acercándose a otra que le puede proveer un mejor nivel de señal debido a su proximidad [1] [2] [46].

La estación móvil mide continuamente la calidad y el nivel de potencia de su celda y la de sus celdas vecinas; por otra parte, la BTS mide el nivel de señal que recibe desde la estación móvil y reporta continuamente las medidas a la BSC, quien dependiendo de ellas, toma las decisiones de *handover* e inicia el proceso correspondiente.

Existen diferentes tipos de *handover* dependiendo de donde esté la nueva celda escogida que atenderá la llamada y quién debe controlar el proceso, que puede ser: la BSC, la MSC u otra MSC. Hay 4 escenarios donde puede ocurrir un *handover*:

- ✓ El nuevo canal asignado está enganchado a la misma BTS; es controlado por la misma BSC e informa a la MSC con un mensaje HANDOVER PERFORMED que ha realizado un HO. Este tipo de *handover* se conoce como **handover Intra BTS**.
- ✓ El nuevo canal está enganchado a otra BTS que es controlada por la misma BSC, este *handover* es controlado por la BSC y se conoce con el nombre de **handover Intra BSC**.
- ✓ La estación móvil necesita un canal que es controlado por otra BSC diferente a la suya; en este caso, la MSC es quien debe controlar el *handover*, pero no procesa información de las medidas de calidad y potencia realizadas por la BTS y la estación móvil; la BSC es quien sigue realizando el análisis de estas medidas y cuando detecta que tipo de *handover* necesita, lo realiza. Cuando la BSC descubre que necesita un canal de otra BSC, le informa a la MSC, quien le indica a la nueva BSC que reserve recursos para continuar con el proceso de *handover*. Este *handover* se llama **handover Intra MSC**.



- ✓ El nuevo canal es controlado por otra MSC y por ende por otra BSC; solo se puede hacer dentro de la misma PLMN (*Public Land Mobile Network*) y a diferencia de los anteriores *handovers*, el control de la llamada es realizado por la antigua MSC, es conocido como **handover Inter MSC o Inter sistema**.

La regional suroccidente de la empresa no tiene medidas de *handover* intersistema porque aún no se ha implementado otra tecnología de voz.

Siemens llama a este KPI, **InterCellHOSuccRate (Inter Cell Intra BSC Handover Success Rate)** y lo expresa como sigue:

$$\begin{aligned} \text{InterCellHOSuccRate} &= \frac{\text{InterCellHOSucc}}{\text{InterCellHOAtt}} \\ &= \frac{\sum_{c=1}^{11} \sum_{i=0}^3 \text{SOUINIRH} [n * 44 + i * 11 + c]}{\sum_{c=1}^{11} \sum_{i=0}^3 \text{AOUINIRH} [n * 44 + i * 11 + c]} \end{aligned}$$

Donde:

n= número de celdas vecinas.

c= número de causas, Siemens define 11 causas.

i= tipo de relación entre celdas, o sea, el tipo de celda antigua y nueva. Para este caso i=0 que corresponde a una relación complete – complete o en otras palabras, la celda nueva y antigua son celdas estándar (Todas las celdas de la red GSM de TIGO son estándar).

TIGO expresa este KPI de otra forma pero es el mismo definido por Siemens:

$$HO = \frac{\text{INTERCELL OUTGOING HANDOVER SUCCESS}}{\text{INTERCELL OUTGOING HANDOVER ATTEMPT}} = \frac{\text{INTERCELL\_OUT\_HO\_SUCC}}{\text{INTERCELL\_OUT\_HO\_ATT}}$$

El término OUTGOING indica que las medidas son tomadas en la celda donde se originó el *handover*; es decir, en la BSC que decidió el *handover*, a diferencia de las INCOMING que es el caso donde las medidas son tomadas en la nueva BSC.

**SOUINIRH (Successful Outgoing Intercell Handovers)**: es el número de *handovers* exitosos desde el punto de vista de la celda que los origina y solo tiene en cuenta los *handover* controlados por la misma BSC o sea los *handover* intra BTS e intra BSC. Los subcontadores diferencian la causa y la relación que existe entre la celda nueva y la antigua (estándar y concéntrica). Este contador incrementa cuando la nueva BTS envía un mensaje HANDOVER COMPLETE a la BSC o cuando se recibe un CLEAR COMMAND con causa “HANDOVER SUCCESSFUL”.



**AOUINIRH** (*Attempted Outgoing Intercell Handovers*): es el número de *handovers* exitosos y al igual que el anterior, se incrementa el contador de la BSC que inició el *handover*. Solo cuenta los *handover* controlados por la misma BSC. Las razones por las que incrementa este contador son:

- ✓ Un comando de *HANDOVER* desde la BSC a la BTS que origina el HO (*handover* intra BSC controlado por la BSC)
- ✓ Un comando de *HANDOVER* que lleva información de la frecuencia de BCCH y el BSIC (*Base Station Identity Code*) de la BTS destino (*handover* intra BSC controlado por la MSC).

El AOUINIRH y el SOUINIRH pueden tener 11 subcontadores o valores que corresponden a las causas especificadas por Siemens [38] [39] [40] [41].

Según los aspectos generales que componen la calidad de servicio vistos en el capítulo 1, estos 6 KPIs se pueden agrupar de la siguiente manera:

**Accesibilidad a la red:** El HO si se debe a problemas de cobertura; puede ser más crítico en zonas rurales donde no exista una celda vecina que atienda la llamada y la estación móvil se encuentre fuera de la zona de cobertura, y el TRAFFICLOSS.

**Accesibilidad al servicio:** El CSSR y el HO cuando falla debido a indisponibilidad de recursos en la nueva celda para atender a la estación móvil.

**Integridad del servicio:** El TCH\_DROP, el SDCCHDropRate y el FER.

Como se aprecia, en el presente capítulo se cumple a cabalidad con el primer objetivo trazado en el anteproyecto, que plantea la escogencia del servicio que será analizado en la compañía: que para este caso será el servicio de voz; se presenta la justificación de su elección basada principalmente en el interés de la compañía, la accesibilidad de la información y en el impacto en las redes móviles. Consecuentemente se definen los principales KPIs que monitorean el comportamiento del servicio de voz y se da inicio a un análisis detallado de los mismos, para luego mirar su percepción en el usuario final.



## Capítulo 3 : ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA DE RED GSM Y SU RELACIÓN CON LOS KPIs ESCOGIDOS

La infraestructura de GSM, tiene tres subredes que son: el sistema de estaciones base (*BSS: Base Station System*), el sistema de conmutación (*SS: Switching System*) y el de soporte y operación (*OSS: Operation and Support System*). Cada uno de estos sistemas tiene a su vez más elementos, que en conjunto ejecutan una serie de actividades y procesos que hacen posible que las personas hagan uso de los servicios que ofrece la red.

GSM, tiene una gran cantidad de elementos que componen su infraestructura y van desde los conectores hasta las estructuras civiles donde se encuentran las antenas; de manera que resulta tedioso e incluso inútil, analizar la totalidad de los parámetros técnicos, porque muchos de ellos están estandarizados y no se pueden cambiar, o no afectan significativamente el rendimiento total de la red, o su probabilidad de falla es baja; por consiguiente, para el desarrollo de este proyecto se consideran los elementos cuyo cambio se refleje en el comportamiento de los KPIs, que su modificación sea viable y se tenga información detallada suministrada por la compañía.

En este capítulo, se analizan las causas de incremento de los contadores asociados a *TCHDropRate*, *SDCCHDropRate* y *Handover*, y se presentan los parámetros técnicos que serán estudiados.

### 3.1 PARÁMETROS TÉCNICOS

Para escoger los parámetros técnicos a analizar, se solicitó a la compañía información de configuración de los 128 sitios de la red de Cali, con el fin de seleccionar elementos de infraestructura que la compañía considere más importantes, y cuya configuración no sea igual para todos los sitios. Los parámetros técnicos que se analizaron, se acogieron a las condiciones mencionadas en la parte introductoria de este capítulo y pertenecen a la parte de acceso radio.

Finalmente, los parámetros que se escogieron, son:

- ✓ Potencia del transmisor.
- ✓ Tipo de antenna.
- ✓ Azimut.
- ✓ *Tilt*.
- ✓ Nivel de recepción.

A continuación, se realiza una definición y exploración de cada parámetro.



### 3.1.1 Potencia del Transmisor

Es la potencia efectiva radiada. La unidad de medida utilizada es dBi.

La potencia del transmisor, determina el tamaño de la celda, la penetración y el nivel de interferencia, entre otros. Aquí se relaciona al tamaño de la celda y a penetración porque no se tiene información suficiente para estudio de otros fenómenos.

### 3.1.2 Tipo de Antena

Dentro de las características electromagnéticas de las antenas se encuentra: la potencia radiada, directividad, ganancia, polarización, impedancia, área y longitud efectiva, y algunas de las características físicas son: el diagrama de radiación, *tilt*, lóbulos principales y secundarios, apertura eléctrica efectiva y azimut.

Existen muchas antenas de cobertura para GSM, en la red de estudio se utilizan diferentes tipos de antenas y algunas de ellas con ciertas variaciones. En este capítulo no se especifican las características de todas las antenas utilizadas porque va en contra de los lineamientos de confidencialidad establecidos en el convenio. Una vez se hayan escogido los sitios de estudio, se mostrarán únicamente los detalles de las antenas instaladas en dichos sitios (ver capítulo 5).

### 3.1.3 Azimut

Ángulo de orientación de la antena referente al norte geográfico, en grados.

### 3.1.4 Tilt

Ángulo de orientación de la antena referente a la vertical, en grados.

El azimut y el *tilt* son parámetros elementales, y su optimización puede mejorar significativamente el rendimiento del sistema; no obstante, las redes utilizan algunas veces técnicas de optimización ineficientes e implementan valores por defecto. Estos parámetros tienden a presentar inconsistencias en su configuración durante el proceso de instalación y hace que varíe la cobertura y la capacidad de la red.

La precisión en el establecimiento del azimut y el *tilt*, depende del proceso de instalación de la antena, errores humanos e instrumentación. En general, la precisión está dentro de un rango de error de  $\pm 10$  grados, pero utilizando nuevos procesos e instrumentos, pueden reducir estos errores en muchos grados, reduciendo también orientaciones aleatorias de la antena y haciendo que los errores estén dentro de un margen tolerable.

Estudios previos han demostrado que [46]:



- ✓ El rendimiento de una red es 10 veces más sensible a variaciones de *tilt* que de azimut.
- ✓ Que un clúster<sup>13</sup> con más sitios, experimenta menor degradación de calidad debido a errores de azimut y *tilt*.
- ✓ Cuando el error de azimut es mayor de 10 grados, se empieza a notar una degradación considerable de calidad.

### 3.1.5 Nivel de Recepción o Target Receive Level

Valor en dBm de la potencia mínima requerida para que la BTS le asigne canales de control y tráfico a una estación móvil para el proceso de llamada.

## 3.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ASOCIADOS A LOS KPIs

En esta sección se realiza un análisis de las causas de incremento de los contadores de TCHDropRate, SDCCHDropRate y HANDOVER, con ello se procede a relacionarlas con los parámetros técnicos vistos anteriormente.

Los parámetros técnicos asociados a cada contador de cada KPI, se clasifican fundamentados en experiencia de operación y mantenimiento de la red, y experiencia en los procesos de optimización.

### 3.2.1 Análisis de TCHDropRate

Como se vio en el capítulo 2, el TCHDropRate se expresa como:

$$TCH_{DropRate} = \frac{TCH_{Drop}}{SUPTCHSE[1,2]}$$

De donde:

$$TCH_{DROP} = NRFLTCH[1..5, 7,8,10..14,16,17,19..23,25,26,28..32] + UNIHIALC[1] + UNIHIRLC[1]$$

**NRFLTCH:** Debido a que en TIGO todas las celdas son estándar, solo se tienen en cuenta los subcontadores desde el 1 hasta el 17 de NRFLTCH; y como todos los canales están configurados en *Full Rate*, de los 17 subcontadores, se toman los 9 primeros a excepción del 6 y el 9 por convención de Siemens. Cada subcontador se incrementa por una causa como se muestra en la tabla 3-1.

---

<sup>13</sup> Grupo de celdas que utilizan un grupo completo de frecuencias disponibles.





No de subcontador	Mensaje enviado	Especificación Causa
1	ERROR INDICATION	Expiración de T200
2	ERROR INDICATION	Respuesta DM no solicitada
3	ERROR INDICATION	Error de secuencia
4	CONNECTION FAILURE INDICATION	Expiración de T_MSRLFPCI
5	CONNECTION FAILURE INDICATION	Límite de distancia excedido
6	CONNECTION FAILURE INDICATION	Falla de acceso a <i>handover</i>
7	CONNECTION FAILURE INDICATION	Falla en el enlace de radio
8	CONNECTION FAILURE INDICATION	Falla en el transcoder remoto
9	Causa no especificada	Otras causas

Tabla 3-1. Causas y mensajes de NRFLTCH

A continuación, se explican las causas que no son claras o intuitivas para el lector [42] [43].

**Expiración del T200:** el T200, es un temporizador que indica cuando una trama puede ser transmitida. En este tiempo, se debe enviar información y recibir su ACK, de no ser así, el temporizador expira.

**Respuesta DM (*Disconnect Mode*) no solicitada:** el “*disconnect mode*”, es el modo de trama utilizado en el protocolo HDLC (*High-Level Data Link Control*) para indicar rechazo a una solicitud de comunicación de datos punto a punto. Este error indica que se ha cortado una comunicación punto a punto sin ser solicitado.

**Error de secuencia:** ocurre cuando al receptor llega una trama con un número de secuencia diferente al que se esperaba [44].

**Expiración de T\_MSRLFPCI:** el T\_MSRLFPCI es un temporizador fijo de 20sg que utilizan las estaciones base de Siemens para establecer tiempos límites para diferentes fines (ver capítulo 2).

**Falla en el enlace de radio:** el objetivo de determinar una falla de enlace de radio, es asegurar que las llamadas con niveles de calidad de voz no aceptables y no se puedan mejorar (por ejemplo, con mecanismos de control de potencia o *handover*), sean liberadas o restablecidas de alguna manera.

La determinación de una falla de enlace de radio, se puede ver desde la estación móvil o desde el BSC; en el primer caso, se fundamenta en la tasa de mensajes en el SACCH decodificados correctamente y en el segundo caso se basa en la tasa de error del SACCH en *uplink* o en las medidas de RXLEV o RXQUAL reportadas por la estación móvil. Los criterios exactos, son determinados por el operador [47].

Los eventos que pueden disparar el NRFLTCH y que aplican para la red de estudio son:



- ✓ Que la BSC reciba desde la BTS un mensaje CONNECTION FAILURE INDICATION: pertenece al grupo de mensajes de gestión de canales dedicados y se envía cuando la BTS detecta que se ha caído una conexión activa. Las fallas en el enlace de radio y las fallas de *handover*, son las causas más comunes de envío de este mensaje [48].
- ✓ Que la BSC reciba desde la BTS un mensaje ERROR INDICATION.

Hay otras causas que disparan este contador por ejemplo, la expiración de temporizadores de intersistema, pero no aplican para la red de estudio.

Conocidas las causas específicas de incremento de este contador, se procede a analizar los parámetros técnicos involucrados. En la tabla 3-2 se presenta la relación.

No de sub-contador	Especificación o causa	Parámetro técnico asociado
1	Expiración de T200	Potencia
		Azimut
		<i>Tilt</i>
		Nivel de recepción
2	Respuesta DM no solicitada	Sin parámetro técnico asociado
3	Error de secuencia	Potencia
		Nivel de recepción
4	Expiración de T_MSRFPCI	Sin parámetro técnico asociado
5	Límite de distancia excedido	Potencia
		<i>Tilt</i>
		Nivel de recepción
7	Falla en el enlace de radio	Azimut
		<i>Tilt</i>
		Nivel de recepción
		Potencia
		Tipo de antena
8	Falla en el transcoder remoto	Sin parámetro técnico asociado

*Tabla 3-2. Parámetros técnicos de NRFLTCH*

**UNIHIALC:** expira temporizador T3107. Es el tiempo que espera la red después de transmitir un mensaje ASSIGNMENT COMMAND hasta que recibe un ASSIGNMENT FAILLURE o tiempo de espera para que la estación móvil restablezca la llamada antes de liberar los canales. El T3107 es de 3 seg [48].

**UNIHIRLC:** expira temporizador T3103. Tiempo que espera la red después de transmitir un mensaje HANDOVER COMMAND hasta recibir un HANDOVER COMPLETE o HANDOVER FAILLURE o que la estación móvil restaure la llamada antes de que los viejos recursos sean liberados [49].



Los contadores UNIHIALC y UNIHIRLC no tienen subcontadores que indiquen causas, pero sus temporizadores son tiempos de espera de respuesta a mensajes que se envían por la interfaz radio. La tabla 3-3, expone los parámetros técnicos relacionados a estos contadores:

Especificación o causa	Parámetro técnico asociado
Falla en enlace radio	Azimut
	Tilt
	Nivel de recepción
	Potencia
	Tipo de antena

*Tabla 3-3. Parámetros técnicos asociados a UNIHIALC y UNIHIRLC*

**SUCTCHSE:** se considera todo tipo de procedimientos para asignar un TCH y no indica fallas; con el SUCTCHSE se obtiene una relación o tasa. Algunos de los eventos que pueden disparar este contador son:

- ✓ Transmisión de un ASSIGNMENT COMPLETE (desde la BSC a la MSC).
- ✓ Transmisión de un HANDOVER PERFORMED (desde la BSC a la MSC).
- ✓ Transmisión de un HANDOVER COMPLETE (desde la BSC a la MSC).
- ✓ Recibir un ESTABLISHMENT INDICATION (desde la BTS a la BSC).

En el ítem 2.3.4 (Mensajes de Control y Comandos) del capítulo dos, están especificadas las causas de envío de los mensajes aquí mencionados.

### 3.2.2 Análisis para SDCCH DropRate

La fórmula que determina el valor del KPI se expresa así:

$$SDCCH_{DropRate} = \frac{SDCCH_{Drop}}{NSUCCHPC[1..6]}$$

El NSUCCHPC (*Successful Immediate Assignments of Signalling Channels*), cuenta el número total de asignaciones exitosas de canales de señalización, y no brinda información sobre fallas en la red, si no que su función es relacionar las fallas en la asignación del canal con la cantidad de canales asignados correctamente en un mismo periodo de tiempo (ej. hora pico). El contador se incrementa cuando la BSC recibe un mensaje ESTABLISHMENT INDICATION que es enviado por la interfaz A-Bis.

*SDCCH\_Drop* depende de:



$$SDCCH\_DROP = NRCLRREQ[19..21, 23..26] + TASSFAIL[1,6,1]$$

**NRCLRREQ:** cuenta el número de mensajes de solicitud CLEAR REQUEST que se envían desde la BSC a la MSC. Las especificaciones para el incremento del contador NRCLRREQ en la asignación del canal SDCCH se detallan en la tabla 3-4:

No de subcontador	Mensaje enviado	Especificación o Causa
19	CLEAR REQUEST	Falla en los equipos
20	CLEAR REQUEST	Falla en la interfaz radio
21	CLEAR REQUEST	Falla en el mensaje sobre la interfaz radio
22	CLEAR REQUEST	Recursos de radio no disponibles
23	CLEAR REQUEST	Error en el protocolo
24	CLEAR REQUEST	Distancia
--	CLEAR REQUEST	Liberar un canal para prioridad de otro
25	CLEAR REQUEST	Intervención de operación y mantenimiento
26	CLEAR REQUEST	Otras causas

*Tabla 3-4. Causas y mensajes de NRCLRREQ*

El NRCLRREQ, no considera el subcontador 22.

A continuación se aclaran las causas que a criterio se consideran ineludibles, aunque todas serán consideradas.

**Falla en el mensaje sobre la interfaz radio:** los problemas en el enlace dañan los mensajes de control limitando la gestión de la comunicación.

**Distancia:** corresponde al balance de cobertura de la celda (ver capítulo 1), la diferencia del nivel de potencia en DL con el UL no debe superar los 3 dB, de lo contrario se presentan problemas de “drop” en el canal SDCCH o se debe iniciar un proceso de HO.

Como el NRCLRREQ se aumenta cuando se envía un mensaje CLEAR REQUEST su incremento se debe por los siguientes aspectos:

- ✓ El envío de mensajes de CONNECTION FAILURE INDICATION o ERROR INDICATION; con causa de caída de canal.

Una vez se envían estos mensajes de falla, la BSC remite a la MSC un CLEAR REQUEST con las mismas causas por las que se enviaron el CONNECTION FAILURE INDICATION o ERROR INDICATION.



- ✓ Expiración de los temporizadores BSCT8 Y BSCT10 en caída de canal SDCCH:
  - Temporizador BSCT8: contador que determina cuando una llamada debe terminarse por fallas a nivel radio (ver capítulo dos).
  - Temporizador BSCT10: tiempo establecido para que la estación móvil reciba el comando ASSIGNMENT y sintonice el nuevo canal (ver capítulo dos).
  
- ✓ En general, la falla o bloqueo de un recurso usado.

En el caso de que una conexión se pierda en el móvil por problemas de *handover*, en otras palabras que expire el temporizador BSCT8, los mensajes CLEAR REQUEST o CLEAR COMMAND son contados en la celda que origina el *handover*, para que el contador NRCLRRQ no se incremente al doble.

Una vez se tiene los motivos por los que se incrementa el contador NRCLRRQ, se procede a detectar los parámetros técnicos involucrados; es así que la tabla 3-5 presentada en seguida muestra esta relación:

No de sub-contador	Especificación o Causa	Parámetro técnico asociado
19	Falla en los equipos	Sin parámetro técnico asociado
20	Falla en la interfaz radio	Azimut
		Tilt
		Nivel de recepción
		Potencia
23	Error en el protocolo	Tipo de antena
		Sin parámetro técnico asociado
24	Límite de distancia excedido	Potencia
		Tilt
		Nivel de recepción
-	Liberar un canal para prioridad de otro	Sin parámetro técnico asociado
25	Intervención de operación y mantenimiento	Sin parámetro técnico asociado
26	Otras causas	Sin parámetro técnico asociado

*Tabla 3-5. Parámetros técnicos de NRCLRRQ*

**TASSFAIL:** el número de veces de intentos de asignación de canal TCH o SDCCH que fallaron son medidos en TASSFAIL (*Total Number of Assignment Failures*). Se consideran los intentos de asignación a través de la interfaz A; este contador incrementa cuando la BSC envía a la MSC un mensaje de ASSIGNMENT FAILURE por la misma interfaz.

Las principales razones por las que es enviado un mensaje de ASSIGNMENT FAILURE e incrementan el contador se presentan en la tabla 3-6:



No de sub-contador	Mensaje enviado	Especificación o Causa
1	ASSIGNMENT FAILURE	Falla en el mensaje a través de la interfaz radio
2	ASSIGNMENT FAILURE	Falla en la interfaz radio- reversión al canal viejo
3	ASSIGNMENT FAILURE	Recursos de radio no disponibles
4	ASSIGNMENT FAILURE	Directed retry (Reintento dirigido)
5	ASSIGNMENT FAILURE	otras causas

*Tabla 3-6. Mensajes y causas de TASSFAIL*

**Directed retry:** cuando un móvil se encuentra enlazado a un servidor (sector de BTS) donde las condiciones de RF que le brinda no son las adecuadas, o necesita liberar congestión, la red puede dar inicio a un proceso de *directed retry*, que hace que el móvil entre en proceso de *handover* para engancharse a un nuevo servidor que le brinde mejores condiciones. Este proceso se hace para *handovers* internos o externos a la BSC. Si el *directed retry* se realiza por un *handover* externo, la BSC inicialmente envía un mensaje de ASSIGNMENT FAILURE con causa de “*directed retry*” y enseguida manda un HANOVER REQUIRED a la MSC [2].

Las razones por la que las que la BSC envía un ASSIGNMENT FAILURE con causa “Falla en la interfaz radio- reversión al canal viejo” a la MSC son:

- ✓ Tras recibir un ASSIGNMENT FAILURE desde la estación móvil a la BSC durante el proceso de asignación de un canal de TCH.
- ✓ Después de recibir un HANOVER FAILURE enviado por la estación móvil a la BSC en el proceso de “*directed retry*” entre BSCs: proceso realizado para una falla en *handover* intra BSC.

Las “otras causas”, se encuentran en la especificación de la ETSI 3GPP TS 08.08 versión 8.15.0 Release 1999, para la capa 3 de GSM:

Entre las principales causas de la especificación están:

- ✓ Intervención de operación y mantenimiento.
- ✓ Falla en los equipos.
- ✓ Indisponibilidad de adaptadores (transcoding/rate).
- ✓ Indisponibilidad del tipo canal requerido (velocidad de transmisión).

Las anteriores causas tienen una baja probabilidad de suceso y no serán tenidas en cuenta en el análisis final de resultados.

En la tabla 3-7, se presenta la relación de parámetros técnicos con las posibles causas:



No de sub-contador	Especificación o causa	Parámetro técnico asociado
1	Falla en el mensaje a través de la interfaz radio	Potencia
		Nivel de recepción
2	Falla en la interfaz radio- reversión al canal viejo	Potencia
		Nivel de recepción
		Azimut
		Tilt
3	Recursos de radio no disponibles	Sin parámetro técnico asociado
4	Directed retry (Reintento dirigido)	Ver sección 3.2.3
5	otras causas	Sin parámetro técnico asociado

*Tabla 3-7. Parámetros técnicos de TASSFAIL*

### 3.2.3 Análisis para Handover

TIGO define el *handover* como:

$$HO = \frac{INTERCELL\ OUTGOING\ HANDOVER\ SUCCESS}{INTERCELL\ OUTGOING\ HANDOVER\ ATTEMPT} = \frac{INTERCELL\_OUT\_HO\_SUCC}{INTERCELL\_OUT\_HO\_ATT}$$

Que equivale a relacionar los contadores SOUINIRH y AOUINIRH como sigue:

$$\begin{aligned} InterCellHOSuccRate &= \frac{InterCellHOSucc}{InterCellHOAtt} \\ &= \frac{\sum_{c=1}^{11} \sum_{i=0}^3 SOUINIRH [n * 44 + i * 11 + c]}{\sum_{c=1}^{11} \sum_{i=0}^3 AOUINIRH [n * 44 + i * 11 + c]} \end{aligned}$$

Los contadores SOUINIRH y AOUINIRH definen 11 causas iguales por las que se da inicio a un proceso de *handover*. Las causas se muestran en la tabla 3-8.

No de subcontador	Especificación Causa
1	Calidad en UL
2	Calidad en DL
3	Nivel de señal en UL
4	Nivel de señal en DL
5	Distancia
6	Mejor celda



7	Directed retry
8	forzado por O&M
9	Tráfico
10	UL rápido
11	forzado debido a prioridad

*Tabla 3-8. Causas de SOUINIRH y AOUINIRH*

Los eventos por los que SOUINIRH incrementa son:

- ✓ Cuando la BSC recibe un mensaje HANDOVER COMPLETE enviado por la nueva celda que ha tomado la llamada (cuando el *handover* es intra BSC).
- ✓ La recepción de un comando CLEAR con causa "*handover* exitoso" siempre y cuando el HANDOVER COMMAND enviado anteriormente, lleve información del canal BCCH y la frecuencia BSIC (cuando la MSC controla un *handover* intra BSC).

Las causas de incremento de AOUINIRH son:

- ✓ La transmisión de un HANDOVER COMMAND desde la BSC a la BTS, cuando el *handover* es controlado por la BSC y la nueva celda pertenece a la misma BSC.
- ✓ La recepción de un HANDOVER COMMAND con información de la frecuencia del canal BCCH y el código BSIC de la nueva celda, en el caso que la nueva celda pertenezca a otra BSC y el *handover* sea controlado por la BSC de origen.

El *handover* como aquí se define, es un KPI que busca tener un valor de 100%; es decir, que la totalidad de solicitudes de *handover* terminen exitosamente. Cuando un *handover* no se completa exitosamente, se genera un mensaje HANDOVER FAILURE.

El mensaje HANDOVER FAILURE, está clasificado según la razón por la que se inicia el proceso de *handover*; por ejemplo, si un *handover* se inicia por mala calidad en downlink, y falla; se incrementa HANDOVER FAILURE por calidad en downlink conocido como el HO\_INTERCELL FAIL\_DOWNLINK\_QUAL; de igual manera para todas las causas. En la tabla 3-9, se muestran los diferentes nombres de HANDOVER FAILURE según la causa.

Nombre del mensaje	Especificación Causa
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_UL_Qual	Calidad en UL
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_DL_Qual	Calidad en DL
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_ULStre	Nivel de señal en UL
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_DLStre	Nivel de señal en DL
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_Distance	Distancia





HO_INTERCELL_FAILL_OUT_Better_cell	Mejor celda
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_Directed_retry	Directed retry
	forzado por O&M
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_Traffic	Tráfico
HO_INTERCELL_FAILL_OUT_Fast_UL	UL rápido
	forzado debido a prioridad

Tabla 3-9. Nombres de HANOVER FAILURE según la causa – Tomado de información de contadores de TIGO

La red de TIGO no genera mensajes HANOVER FAILURE por priorización ni por *handover* forzado por O&M.

Cabe anotar, que las causas por las que se generan procesos de *handover*, no necesariamente son las mismas causas por las que falla dicho proceso. Para analizar los parámetros técnicos afines a *handover*, se analizan las causas por las que falla este proceso (HANOVER FAILURE) y no las causas por las que se origina. En la tabla 3-10 se exponen las causas típicas por las que falla un *handover* y los parámetros técnicos coligados [46].

Causas	Parámetros técnicos
Falla de interfaz radio	Azimut
	Tilt
	Nivel de recepción
	Potencia
	Tipo de antena
Fallas de equipos	Sin parámetro técnico asociado
Indisponibilidad de recursos de radio	Sin parámetro técnico asociado
Incapacidad de adaptación a la tasa de codificación requerida	Sin parámetro técnico asociado
Inexistencia de celdas vecinas	Sin parámetro técnico asociado
Falla de interface radio - reversión al viejo canal	Azimut
	Tilt
	Nivel de recepción
	Potencia
Algoritmo de cifrado no soportado	Sin parámetro técnico asociado

Tabla 3-10. Causas de falla de un *handover*

Como conclusión importante: el proceso de detección de los parámetros técnicos relacionados a cada KPI demanda una intensa investigación y conocimiento de la red, los parámetros escogidos se



justifican con base a las causas por las que los contadores de cada KPI se incrementa, de ahí que es importante adentrarse y comprender perfectamente las fórmulas de los KPIs planteadas por los proveedores de red (Siemens); por supuesto la experiencia de la compañía es determinante, pues son los administradores de red los que conocen el verdadero comportamiento de la infraestructura técnica. La determinación de los parámetros técnicos asociados a cada KPI es parte trascendental en el proceso que busca dar cumplimiento del segundo objetivo específico, pues sin el conocimiento acertado de estos parámetros sería muy difícil acercarse a una apreciación de los mismos por los usuarios.

## **Capítulo 4 : RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD PERCIBIDA**

Una vez conocidos los parámetros técnicos relacionados a cada KPI, se procede a diseñar una estrategia para recopilar información sobre la calidad percibida por los usuarios de la red GSM de COLOMBIAMOVIL– Cali.



Dentro de la metodología utilizada para analizar la calidad percibida por los usuarios de la red de estudio, se define un experimento estadístico que ayuda a obtener información adecuada, además de filtrarla para no crear inferencias erradas.

El grado de satisfacción depende del nivel de servicio percibido, las expectativas del usuario y los costos. El nivel de servicio es una impresión personal de los usuarios y por consiguiente, la mejor forma de estimarlo es seleccionando un grupo de muestra [50].

En este capítulo, se presenta y desglosa la metodología seguida para recopilar información sobre la opinión de los usuarios frente al TCHDrop, SDCCHDrop y el *Handover*, asimismo las definiciones de los componentes del experimento estadístico aplicado, sus pasos y consideraciones.

#### **4.1 Diseño de experimento estadístico.**

Conocer la opinión de todos los usuarios de TIGO en Cali es muy difícil, porque hay una cantidad grande y demandaría mucho tiempo y dinero; por esta razón, se acude a los métodos estadísticos, que permiten seleccionar una menor cantidad de usuarios que cumplan con ciertas características y en base a ellos, obtener conclusiones y hacer inferencias, predicciones o tomar decisiones sobre la población [51].

Para la implementación de un experimento estadístico, se parte de dos componentes trascendentales que son: la población y la muestra, donde el primero, es el conjunto de todos los elementos, medidas, individuos u objetos que tienen una característica en común y el segundo es una fracción de la población [52]. Para poder hacer inferencias de una población estudiando una muestra, la muestra debe ser representativa de la población y no debe estar afectada por factores externos ocasionados por la forma como se la toma. El tamaño de muestra y el tipo de muestreo utilizado, se detalla en el ítem 4.1.2.



Para obtener información sobre la calidad del servicio de voz que perciben los usuarios de la red GSM de COLOMBIAMOVIL Cali, se diseña y aplica el experimento estadístico como se muestra en la figura 4-1.

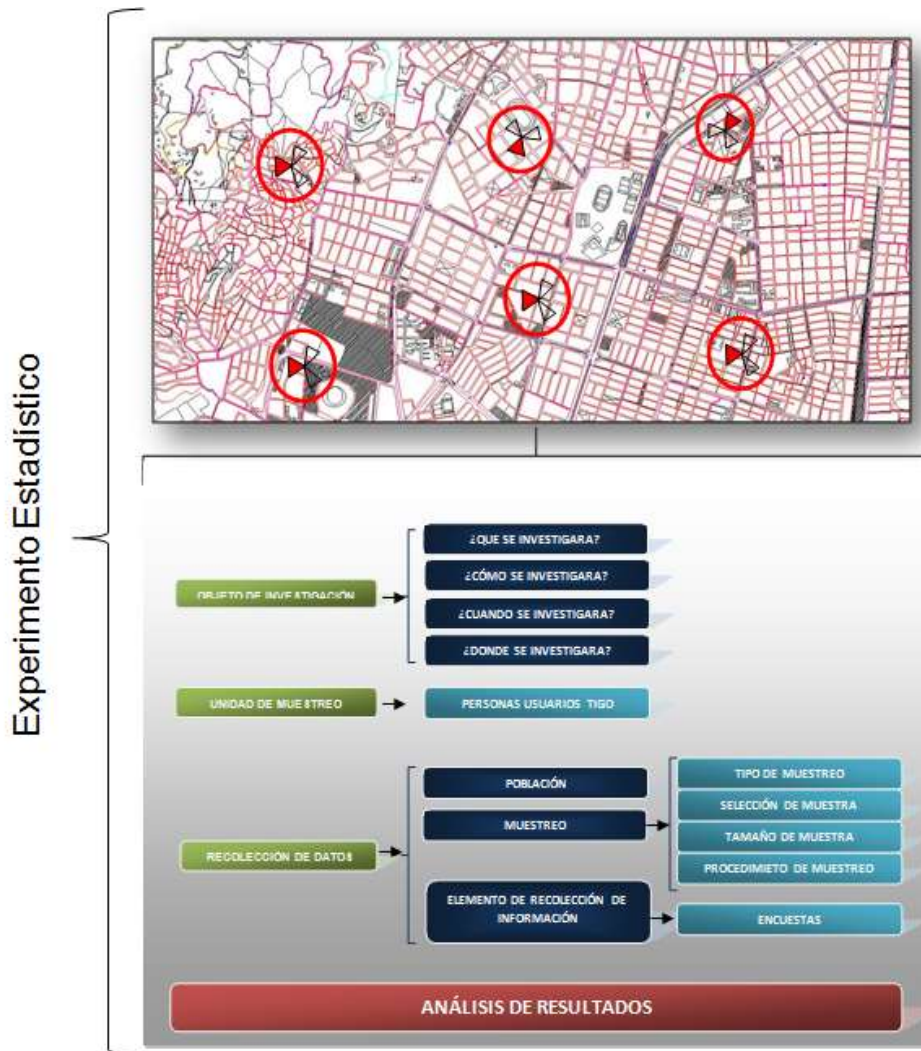


Figura 4-1. Ilustración del experimento estadístico

El experimento estadístico, está compuesto por cuatro componentes que son: el objeto de investigación, el muestreo, la recolección de datos y el análisis de resultados [53]. En seguida se entra en detalle sobre los 3 primeros, el análisis de resultados se presenta en el capítulo 5.



#### 4.1.1 Objeto de Investigación

- ✓ ¿Qué se investigará?: se asocia al tercer objetivo específico planteado en el proyecto, que busca la respuesta a: ¿Cuál es la correlación entre los KPIs de QoS y la percepción del usuario con respecto al servicio de voz de la red GSM de TIGO en Cali?
- ✓ ¿Cómo se realizará?: principalmente, el estudio se basa en evaluar la calidad percibida por medio de encuestas aplicadas a usuarios TIGO. El proceso de selección de muestras y la metodología de campo, se explica en la sección 4.1.2 con detalle.
- ✓ ¿Cuándo se realizará?: El proceso da inicio cuando se tiene una fundamentación teórica suficiente y se definen los KPIs de voz a analizar.
- ✓ ¿Dónde se realizará?: En la ciudad de Cali.

#### 4.1.2 Unidad de Investigación

Es el elemento de la población que origina la información. La unidad de investigación de este experimento estadístico es una persona cuyo operador celular sea TIGO y se encuentre la mayor parte de su tiempo dentro de la unidad de muestreo.

#### 4.1.3 Recolección de Información:

##### **Población**

La población son todas las personas de la ciudad de Cali que utilizan el servicio de voz de TIGO y tienen problemas de caída de llamada (TCH), establecimiento de llamada (SDCCH) y/o mantenimiento de llamada (*handover*).

##### **Muestreo**

El muestreo, es la forma como se van a seleccionar las unidades de investigación [51] [54]. Para cada sector se traza un camino a seguir en un mapa del lugar y dentro de ese camino, se escogen personas al azar, quienes deben cumplir con dos condiciones para ser encuestadas, la primera es que utilicen el servicio de voz de TIGO y la segunda es que la mayor parte de su tiempo, estén en el lugar de realización de las encuestas; con el cumplimiento de estas dos condiciones se filtra información reduciendo la probabilidad de error a causa de información basura.



### Tipo de muestra

Se utiliza un muestreo simple<sup>14</sup> y la recolección de datos es una combinación entre una muestra aleatoria y sistemática<sup>15</sup>.

### Procedimiento de muestreo

Para seleccionar la muestra, se siguen los siguientes pasos:

- ✓ Seleccionar los KPIs que generan mayor impacto en la calidad percibida por los usuarios de la red GSM de TIGO en Cali.
- ✓ Seleccionar tres KPIs que tengan problemas en la red.
- ✓ Seleccionar sectores de red, donde al menos un KPI, mantenga valores críticos durante un periodo consecutivo. Para la elección de los sectores de red, se analiza detalladamente la información contenida en las bases de datos de los contadores y KPIs.

En la ciudad de Cali, hay muchos sectores donde se presentan problemas de SDCCHDrop, TCHDrop y *Handover* y de igual manera existen otros, donde no se manifiesta ningún tipo de problema. Los sectores varían constantemente, y cuando el problema se presenta por cortos periodos de tiempo, no se puede afirmar que sea por mal desempeño de la red, por eso se hace un seguimiento a todos los sitios que presenten el mismo problema en un periodo de tiempo consecutivo.

Para la escogencia y seguimiento de los sitios, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Aplicación "Información KPIs" para análisis del comportamiento de los KPIs y sus contadores.
- ✓ Los resultados arrojados por el TOP regional.
- ✓ Software propietario de la compañía para análisis de comportamiento de KPIs y la experiencia e interés de la empresa.

En la figura 4-2, se muestra el menú principal de la aplicación modular, incremental y robusta desarrollada en MS Access™ para el análisis de los principales KPIs que monitorea la compañía. El desarrollo de la aplicación se tuvo que hacer, debido a que la compañía carecía de un software que permita detallar el comportamiento de los contadores de cada KPI para cada sector; el manejo de la información de los contadores es arrojado por la MSC sin procesar, pues llegan los datos de contadores de todos los sectores de Colombia diariamente; son aproximadamente seis mil quinientos datos diarios, que dificultan el análisis de los mismos. La herramienta organiza la información y deja

---

<sup>14</sup> Solamente se toma una muestra de una población definida.

<sup>15</sup> Asegura que todos los elementos tengan la misma probabilidad de escogencia y la selección de población se hace de manera ordenada.



mirar gráficamente durante un periodo de análisis la conducta de un sector para cada uno de los contadores de cada uno de los KPIs, genera un sistema de alarmas para los sitios críticos y permite hacer consultas particulares según la necesidad del proyecto y la del operador. La aplicación toma los seis indicadores que millicom maneja como prelación, para sacar los datos que se necesite del sector sin importar si el KPI está disparado. La mayoría de los análisis, gráficos y conclusiones nacen de éste valor agregado.



Figura 4-2. Menú principal de aplicación

Con la ayuda de la aplicación en Access se localizan diferentes sitios con problemas de TCHDropRate, SDCCHDropRate y Handover dentro del periodo de análisis; en la gráficas que se presentan a continuación; figuras 3, 4 y 5 (tomadas de la aplicación en Access), se compara el comportamiento de cada uno de los sitios opcionados en cada KPI según sea el caso, donde todos los puntos de las gráficas superan el valor límite del KPI. Con ello se observa el comportamiento de los sitios alarmados y se acuerda el más crítico.

Se escoge un sitio para cada KPI; es decir, un sitio donde TCHDrop tenga un valor mayor que 1%, otro donde el SDCCHDrop sea mayor que 0.7% y otro donde el handover sea menor que 97%; además de que se mantenga en dichos valores por lo menos en 3 semanas consecutivas.

A continuación se presenta el sector escogido con la justificación pertinente, apelando las condiciones planteadas anteriormente.

La nomenclatura del identificador del sitio es:

**ID DEL SITIO\_id del sector<sup>16</sup>**

**Sitio para TCHDropRate**

<sup>16</sup> La mayoría de sitios de la red GSM de TIGO en Cali, tienen 3 sectores.

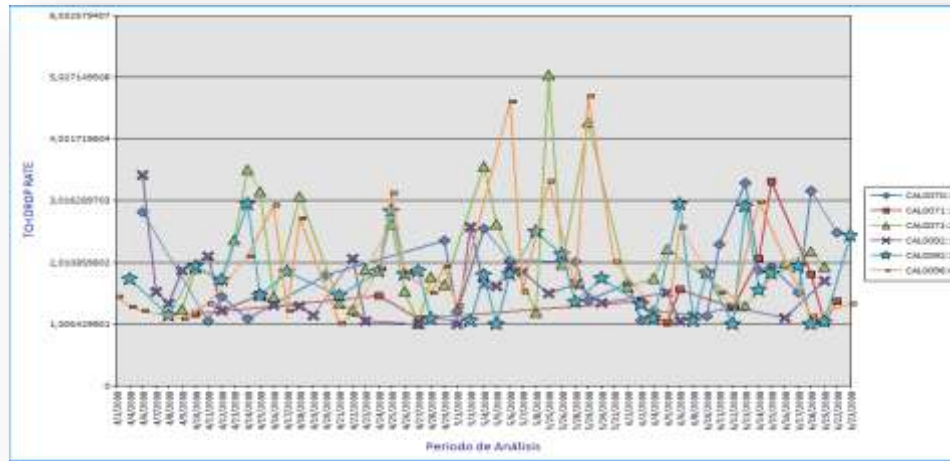


Figura 4-3. Comparación de los sitios alarmados TCHDropRate

En la figura 4-3 (Mirar Figura 4-3 Ampliada en el Anexo I) se destacan los sitios con el KPI elevado para TCHDropRate, donde se encuentran<sup>17</sup>:

- ✓ CAL0070\_2
- ✓ CAL0071\_1
- ✓ CAL0071\_2
- ✓ CAL0092\_1
- ✓ CAL0092\_2
- ✓ CAL0096\_0

La figura 4-3 y sus datos, revelan que el sitio con mayor cantidad de días con el KPI elevado, es CAL0092 en los sectores 1 y 2, convirtiéndose en un sitio con alta probabilidad de ser escogido; aún así, la principal razón para no serlo, es que el sitio tiene una problemática social que encarna un alto grado de riesgo personal. En ese orden de ideas, el sitio en la lista que toma la cabecera es CAL0070 sector 2, llamado Javeriana con un promedio de tráfico de 2 Erlangs. Aunque el sitio presenta bajos niveles de tráfico, cumple con todas las condiciones necesarias.

Se observa que existe un patrón común en todos los sitios con problemas encontrados para TCHDropRate, y es que el promedio de tráfico ofrecido está por debajo del promedio de todos los sitios de Cali y que además los sectores apuntan a lugares con pocas edificaciones o la zona de cobertura tiene bastante irregularidad en el terreno.

<sup>17</sup> Nota: el nombre de los sitios no se muestra debido al acuerdo de confidencialidad entre UNICAUCA y TIGO.





### Sitio para SDCCHDropRate

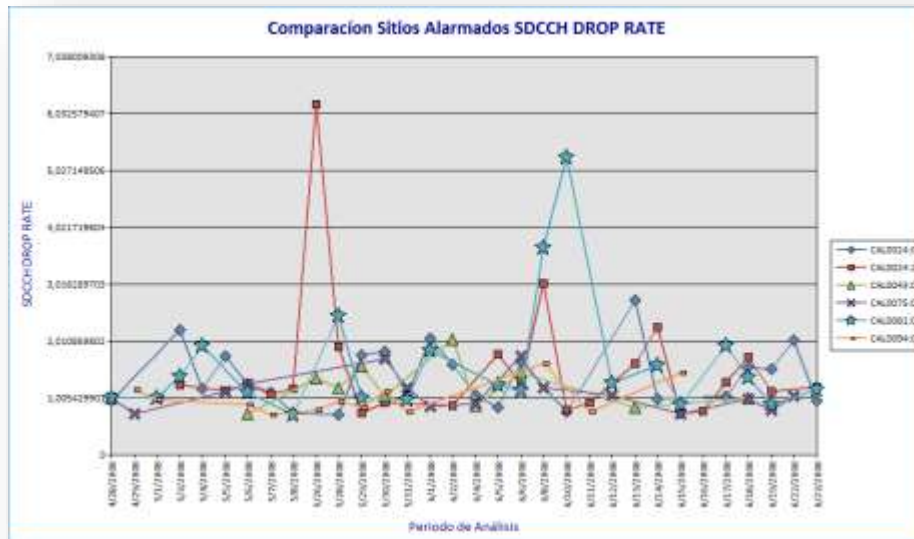


Figura 4-4. Comparación de sitios alarmados SDCCHDropRate

Los sitios con problemas para SDCCHDropRate destacados son:

- ✓ CAL0024\_0
- ✓ CAL0024\_2
- ✓ CAL0043\_0
- ✓ CAL0075\_0
- ✓ CAL0081\_0
- ✓ CAL0094\_0

En la figura 4-4 (Mirar Figura 4-4 Ampliada en el Anexo I), es claro que hay puntos de disparo abrupto del indicador, pero esto no significa que aquellos sitios sean los peores. En esta figura se observa, que todos los sectores tienen un comportamiento similar y todos tienen picos; entonces los criterios a considerar para la selección de sector asociado a SDCCHDropRate son:

- ✓ Facilidad de acceso al sitio.
- ✓ Resultados del TOP
- ✓ Cantidad de tráfico cursado del sitio.
  
- ✓ Grado de interés directo de la compañía, sobre los sitios posibles (cantidad de usuarios, usabilidad de servicios, quejas de los usuarios).
- ✓ Complejidad en infraestructura de edificios.



El último criterio es muy importante ya que la penetración es un factor comprometido en la pérdida del canal SDCCH.

El sitio postulado que mejor cumple las condiciones anteriores es CAL0024\_0, con un promedio de tráfico cursado de 7 Erlangs aproximadamente. CAL0024\_0 tiene la particularidad que también tiene problemas de *Handover* como se verá en seguida.

### Sitio para *Handover*

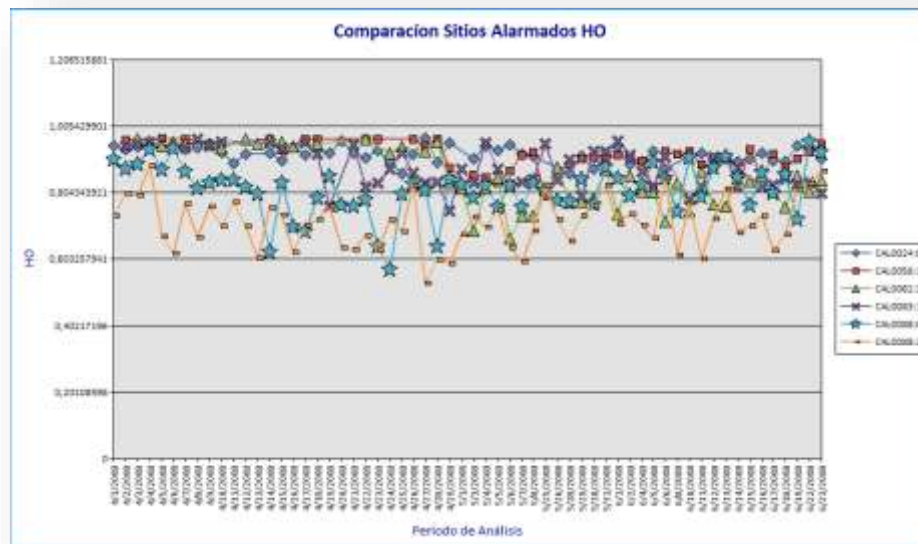


Figura 4-5. Comparación de los sitios alarmados en *Handover*

Al igual que en los anteriores, en la figura 4-5 se observa que los sitios postulados son:

- ✓ CAL0024\_0
- ✓ CAL0058\_1
- ✓ CAL0062\_2
- ✓ CAL0083\_1
- ✓ CAL0088\_0
- ✓ CAL0088\_2

Para la evaluación la experiencia del usuario con problema en *Handover*, pasa algo muy particular, y es que el problema de *Handover* normalmente sucede cuando las personas van en su vehículo, caminando o cuando el sector servidor no puede brindar unas condiciones necesarias para una calidad



buena; por tanto es complicado encuestar a alguien que se encuentre en ese entorno, de manera que el sitio a escoger debe tener la facilidad de encontrar usuarios que puedan dar respuesta a las preguntas asociadas al problema; razón de lo anterior, el sitio que mejor se adapta es CAL0058\_1 conocido como La 14 de limonar, porque es un centro comercial que está al lado de una avenida de alto tráfico vehicular y peatonal que permite que puedan comentar la experiencia del servicio de voz en movimiento.

En la figura 4-5 puede observarse que los sitios con mayor problema de *Handover* son: CAL0088 sectores 0 y 2, y CAL0062 sector 2, no obstante no brindan la facilidad requerida y el acceso a los sectores también presenta problemáticas sociales, razones por las que no son objeto de estudio.

Algo exclusivo que se nota en el sector elegido y que justifica aún más su escogencia, es que el promedio de tráfico cursado, es uno de los más altos de toda la ciudad, lo que admite, que al obtener un análisis de resultados sobre este sector, se pueda relacionar o inferir sobre sectores semejantes.

Ya realizado un análisis del comportamiento de los sitios con la aplicación, se comparan con los resultados del TOP regional de la compañía. Los sitios candidatos a ser estudiados según el TOP, se muestran en la figura 4-6.

TCH_DROP							
Celda	Nombre	R2	R1	Ind[%]>1.0	TCHDrop(vlr)	Fecha	TOP
CAL0071-2		3333	1030	2.03	17	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0092-2		809	2179	1.1	10	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0092-2		329	669	1.48	23	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0111-2		1395	689	2.87	22	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0070-2		2942	1033	2.23	17	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0039-2		2312	1527	1.06	13	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
SDCCHDRPRATE							
Celda	Nombre	R2	R1	Ind[%]>0.7	SDCCHDrop(vlr)	Fecha	TOP
CAL0024-0		282	284	1.23	53	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0024-2		125	216	1.35	64	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0081-0		104	228	1.7	62	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0075-0		1996	252	3.78	57	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0043-1		564	504	1.13	37	2008-06-02 a 2008-06-08	Cluster 1
CAL0094-0		1005	519	0.8	37	2008-06-09 a 2008-06-15	Cluster 2
HO							
Celda	Nombre	R2	R1	Ind[%]<97.0	Lostintercelho(vlr)	Fecha	TOP
CAL0062-2		15	5	76.02	366	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0088-0		28	9	70.75	356	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0088-1		59	39	83.04	244	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0088-0		85	60	80.79	204	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0024-0		96	84	91.34	183	2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0058-1		88	98	89.39<		2008-06-16 a 2008-06-22	Regional
CAL0088-2		179	49	80.08	256	2008-06-02 a 2008-06-08	Cluster 1
CAL0041-1		196	90	92.19	192	2008-06-02 a 2008-06-08	Cluster 1
CAL0059-1		123	94	83.66	190	2008-06-02 a 2008-06-08	Cluster 1
CAL0092-1		138	32	61.47	309	2008-06-09 a 2008-06-15	Cluster 2
CAL0094-0		52	53	88.21	248	2008-06-09 a 2008-06-15	Cluster 2
CAL0092-2		166	55	71.16	244	2008-06-09 a 2008-06-15	Cluster 2

Figura 4-6. Resultados de KPIs arrojados por el TOP



En la figura 4-6, se observa que cada celda está diferenciada por un color. El rojo significa que el KPI se ha mantenido en un valor crítico en un periodo entre 6 y 7 semanas, el color naranja entre 4 y 5 semanas y el amarillo entre 2 y 3 semanas.

En la tabla de TCHDrop se observa que la celda Cal0070:2 correspondiente a la Javeriana, ha presentado valores críticos de este KPI en un periodo entre 4 y 5 semanas consecutivas. En la tabla de SDCCHDropRate, se observa que Cal0024:0 o San Nicolás, es el único que está marcado con color rojo, esto indica que ha tenido valores críticos entre 6 y 7 semanas, finalmente en la tabla de *Handover*, Cal0058:1 también está marcado con rojo.

No se presentan imágenes del software propietario por razones de confidencialidad. Posteriormente se hace una caracterización del sitio donde se analiza la cantidad de tráfico cursado y ofrecido, el tiempo que se mantiene en el valor crítico, el tipo de clúster y el comportamiento del KPI problema en el periodo de observación.

Una vez se tiene un sitio donde un KPI manifieste problemas, se procede a buscar un sitio con similares características tanto de tráfico como de clúster, donde el KPI no haya tenido problemas considerables en el mismo periodo de análisis; con el propósito de comparar sus parámetros técnicos. Este proceso equivale a la variación de parámetros y fue propuesto por la compañía ante la imposibilidad de variar parámetros por las implicaciones que podría traer.

De esta manera, se toman un total de 6 sitios, uno donde hay problemas críticos de TCHDrop, otro donde hay problemas de SDCCHDrop y otro de *handover*. Los tres sitios restantes, son sitios sin problemas con las mismas características de tráfico y tipo de clúster de los sitios problema.

Los sitios escogidos y su KPI problema se muestran en la tabla 4-1:

Id del sitio	Nombre	KPI problema
Cal0070_2	JAVERIANA	TCHDropRate
Cal0024_0	CENTRO SAN NICOLÁS	SDCCHDropRate
Cal0058_1	LA 14 LIMONAR	Handover
Cal0068_2	AUTONOMA	NINGUNO
Cal0076_1	CENTRO PARQUE CAICEDO	NINGUNO
Cal0043_1	SAN FERNANDO	NINGUNO

*Tabla 4-1. Sitios escogidos*

Los sitios se comparan como se muestra en la tabla 4-2.



Comparación de sitios	
JAVERIANA	AUTONOMA
CENTRO SAN NICOLÁS	CENTRO PARQUE CAICEDO
LA 14 LIMONAR	SAN FERNANDO

*Tabla 4-2. Comparación de sitios*

**Caracterización de sitios:** en la figura 4-7, se aprecia cada sitio con su caracterización de tráfico; la grafica también muestra la correlación de sitios que se van a comparar.



Figura 4-7. Comparación de sitios problema y sitios espejo





A continuación, se muestran dos figuras (tomadas de la aplicación en Access) por cada sector, la primera del comportamiento de tráfico y la segunda, del comportamiento del KPI asociado. Cada una de las figuras de caracterización se muestra ampliada en el Anexo J.

### Caracterización SAN NICOLÁS

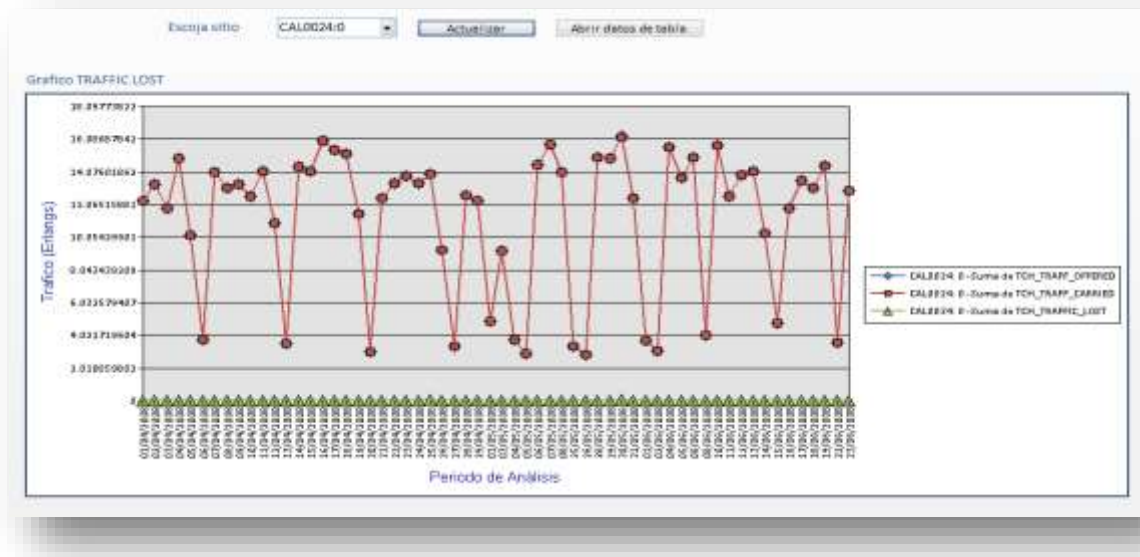


Figura 4-8. Comportamiento de tráfico San Nicolás

En la figura 4-8 se observa que el tráfico en San Nicolás, tiene un comportamiento regular; es decir, que en la mayoría de los días de semana maneja un tráfico superior a 10 Erlangs y los fines de semana caen por debajo de 4 Erlangs. El día que se aplican las encuestas, no necesariamente tiene que ser un día de semana porque los usuarios no califican según la experiencia de un solo día sino en general; sin embargo es recomendable realizar las encuestas en días de semana por facilidad de encontrar la totalidad de usuarios necesarios para completar el tamaño de la muestra.



Figura 4-9. Comportamiento de SDCCHDropRate San Nicolás

La figura 4-9, muestra que CAL0024\_0 tiene un comportamiento de SDCCHDropRate muy irregular y gran parte del periodo de observación, por encima del umbral. Se nota también que desde el 22 de mes de abril, el KPI tiene valores más altos de los que venían presentando.

#### Caracterización Parque Caicedo

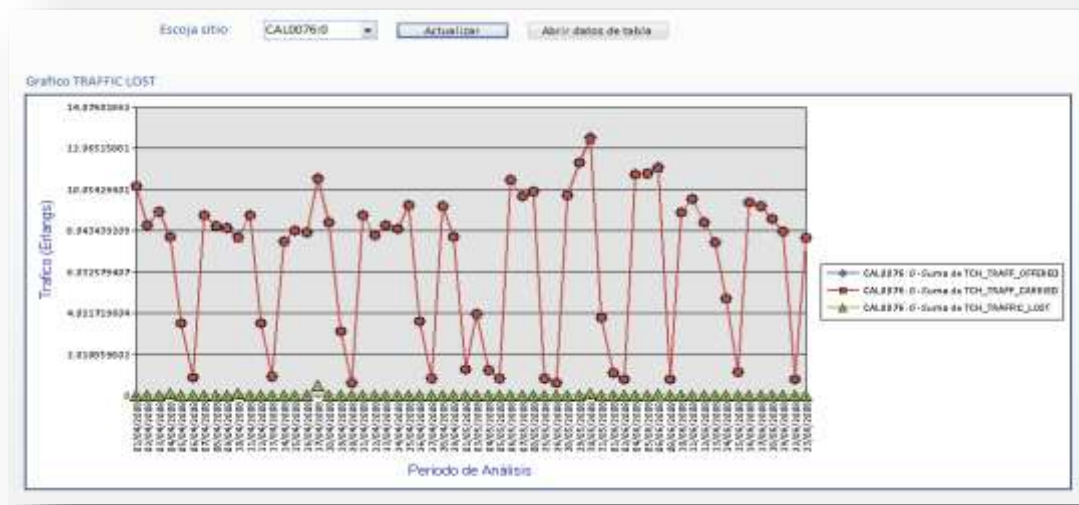


Figura 4-10. Comportamiento de tráfico Parque Caicedo

Al igual que San Nicolás, el comportamiento de tráfico de Parque Caicedo es regular y presenta caídas también los fines de semana como se observa en la figura 4-10. Por el tipo de lugar como se describió en la caracterización en la figura 4-7.





Figura 4-11. Comportamiento de SDCCHDropRate Parque Caicedo

Como se observa en la figura 4-11, Parque Caicedo aunque presenta algunos picos de SDCCHDropRate, la mayoría del tiempo está por debajo del umbral. No presenta tampoco ningún patrón notable de comportamiento en días de semana ni en fines de semana.

#### Caracterización LA 14 LIMONAR

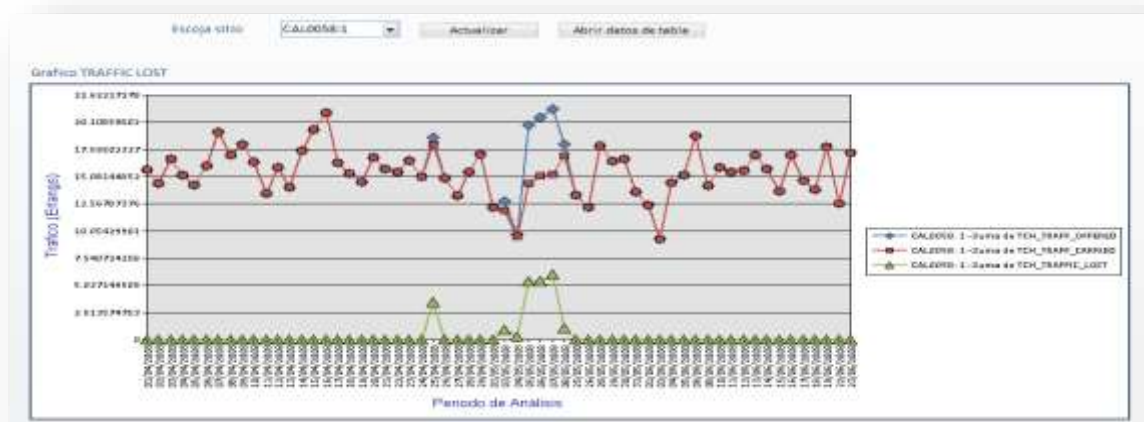


Figura 4-12. Comportamiento de tráfico La 14 Limonar

La



figura 4-12 revela un comportamiento de tráfico irregular en la 14 limonar, además que es un sector que maneja una alta densidad de tráfico porque la mayoría del tiempo se encuentra por encima de los 13 Erlangs. Se observa un periodo de tiempo donde la red no soporta el tráfico ofrecido.



Figura 4-13. Comportamiento de Handover La 14 Limonar

En la figura 4-13, se observa que desde el 27 de abril en adelante, el porcentaje de Handovers exitosos ha reducido, lo que lo convierte en un sector crítico y apto para analizar.

### Caracterización San Fernando



Figura 4-14. Comportamiento de tráfico San Fernando



En la figura 4-14 se refleja un comportamiento de tráfico semiregular en San Fernando y es un sector que en días de semana cursa una alta densidad de tráfico y en los fines de semana, el tráfico se disminuye a 4 Erlangs.



Figura 4-15. Comportamiento de Handover San Fernando

En la figura 4-15 no es claro un buen comportamiento de sitio, porque existen pequeños disparos del KPI; aún así los disparos son esporádicos, no consecutivos y no generan impacto negativo en desempeño técnico de la red, lo anterior se cimienta porque en el TOP, no presentó problemas de handover en el periodo de estudio.

### Caracterización Javeriana

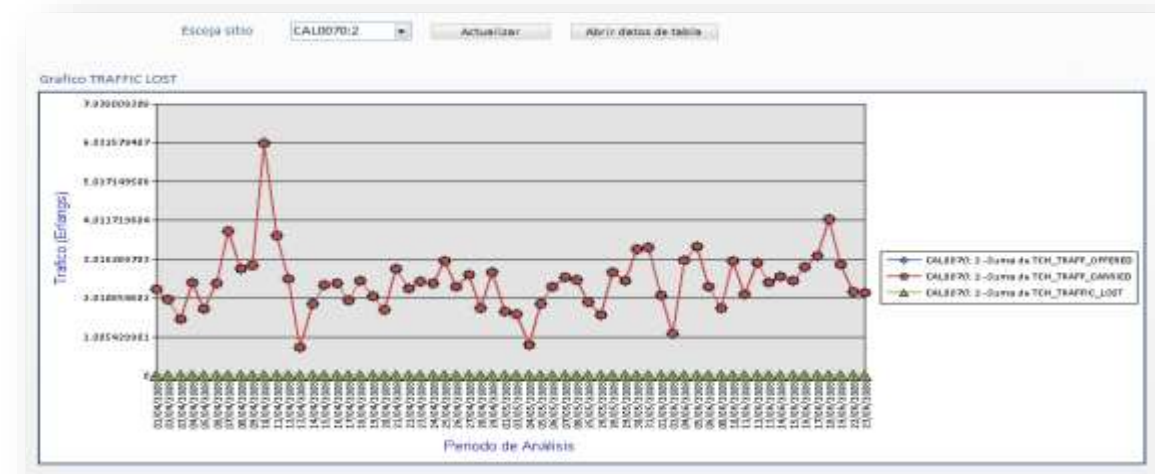


Figura 4-16. Comportamiento de tráfico Javeriana



La Javeriana maneja una baja densidad de tráfico como se muestra en la figura 4-16. Como se había dicho, esta es una particularidad de los sectores con problemas de TCHDropRate y son lugares abiertos y sus antenas cubren una zona amplia.

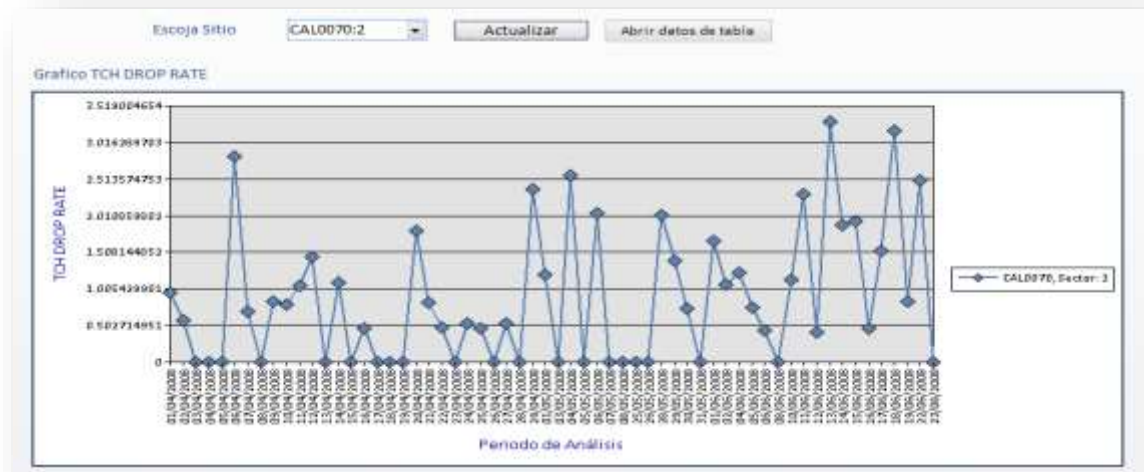


Figura 4-17. Comportamiento de TCHDropRate Javeriana

En la figura 4-17 se aprecia que la Javeriana es un sector que viene presentando problemas de caída de canal de tráfico y se presentan muchos valores por encima del umbral permitido. Tiene bastantes picos que sobrepasan considerablemente el 1% permitido.



## Caracterización AUTÓNOMA



Figura 4-18. Comportamiento de tráfico Autónoma

La Autónoma es un sector universitario similar a la Javeriana y maneja una densidad de tráfico muy similar como se aprecia en la figura 4-19.



Figura 4-19. Comportamiento de TCHDropRate Autónoma

El comportamiento de TCHDropRate es irregular pero se mantiene siempre por debajo del umbral. Presenta algunos picos no consecutivos por encima de 1% pero debajo de 1.6%.



### Tamaño de la muestra

Para calcular el tamaño de la población de muestra en cada sector, primero se obtiene información de la cantidad total de usuarios de la red de TIGO en Cali. Esta información es suministrada por el área comercial de la compañía.

La cantidad total de usuarios de TIGO en Cali es: 384.720. (*Valor tomado en junio de 2008*)

No todos los sectores de la red manejan la misma cantidad de tráfico y por ende es diferente también la cantidad de usuarios. Para distribuir los usuarios sobre las estaciones base, primero se calcula el promedio de tráfico por cada sitio. Se encuentra que el valor promedio más alto es 18.41 Erlangs y el más bajo es 0.51 Erlangs.

Obteniendo todos los valores de tráfico promedio de los 348 sectores de la red de estudio, se calcula la moda y se encuentra que es la parte entera de 4 Erlangs.

$$Moda = [4]$$

Posteriormente se calcula la media aritmética arrojando como resultado 4.5 Erlangs

Considerando que los sectores con un nivel mayor de tráfico demandado es donde se concentra la mayor cantidad de usuarios, se estima que los sitios cuyo tráfico demandado supere los 4.5 Erlangs, son considerados sitios que manejan alto tráfico y alta cantidad de usuarios.

Según las anteriores consideraciones, existen 114 sitios que tienen un tráfico ofrecido menor a 4.5 Erlangs y 234 sitios cuyo tráfico ofrecido es mayor.

Ahora se analiza, que porcentaje representa 4.5 Erlangs de los 18.41 Erlangs que es el mayor promedio. Este cálculo se realiza como sigue:

$$x = \frac{4.5 * 100\%}{18.41}$$

$$x = 24.44\%$$

Con este valor, se deduce que el 24.44% de los sitios son de bajo tráfico y el 75.56% restante, son sitios de alto tráfico. Estos mismos porcentajes se aplican para la distribución de usuarios, entonces se deduce que de los 384.720 usuarios de la red, el 24.44% están distribuidos en los sectores de bajo tráfico y el 75.56%, están distribuidos en los sectores que manejan alto tráfico, entonces:

$$384720 * 24.44\% = 94025 \text{ usuarios distribuidos en sectores de bajo tráfico}$$

$$384720 - 94025 = 290694 \text{ usuarios distribuidos en sectores de alto tráfico}$$



Ahora, el número de usuarios distribuidos en los sectores de bajo tráfico sobre la cantidad de sectores de bajo tráfico, da como resultado un número aproximado de la cantidad de usuarios que atiende un sector de bajo tráfico, así:

$$\frac{94025}{114} = 824 \text{ usuarios por sector}$$

El mismo cálculo se hace para los usuarios distribuidos en sectores de alto tráfico

$$\frac{290694}{234} = 1242 \text{ usuarios por sector}$$

Para la estimación de tamaño de muestra, se considera que todos los sitios de alto tráfico, atienden aproximadamente 1242 usuarios y los sectores de bajo tráfico 824; se parte que el muestreo realizado es aleatorio simple y se deben tener en cuenta tres factores [56]:

- ✓ El porcentaje de confianza o confianza: es el porcentaje de seguridad que se tiene para generalizar los resultados obtenidos o el porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización. Cuando la muestra es igual a la población, el porcentaje de confianza es del 100%. Generalmente se toma del 95%.
- ✓ El porcentaje de error o error: es la probabilidad de aceptar que una hipótesis falsa sea verdadera o viceversa. En este caso, el error se toma del 10%.
- ✓ El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis.

La variabilidad se calcula para comprobar la hipótesis. Es basada en alguna investigación anterior sobre la misma hipótesis. El porcentaje con que se aceptó la hipótesis se llama, variabilidad positiva denotada por p, y variabilidad negativa se denota por la letra q, que es el porcentaje con que se rechazó la hipótesis. Cuando no se han realizado estudios previos sobre la misma hipótesis, el valor de p y de q es igual a 0.5.

Cuando se conoce el tamaño de población, se aplica la siguiente fórmula [55]:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{NE^2 + pq Z^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

Z = nivel de confianza: este valor se obtiene de la distribución normal estándar, el porcentaje de confianza, es el área simétrica bajo la curva y Z es la variable aleatoria que corresponde a esa área. Este valor debe ser de 1.96 para una confiabilidad del 95%.

p = variabilidad positiva



q = variabilidad negativa  
N = tamaño de la población  
E = es la precisión o error

Cuando se conoce el tamaño de la población, el tamaño de la muestra es más preciso y eso ahorra recursos y tiempo para la aplicación de las encuestas.

Para el cálculo del tamaño de muestra, se toma un nivel de confianza de 95%, un error de 10% y un universo por sector de 1242 u 824 usuarios según sea el caso.

Como cada sector tiene diferente cantidad de usuarios, el tamaño también varía. La mayoría de sitios escogidos son de alto tráfico ofrecido a excepción de la JAVERIANA y el sector de comparación, LA AUTONOMA.

Aplicando la ecuación de tamaño de muestra, se obtiene que el tamaño de muestra para los sitios de alto tráfico es 89 y el tamaño de muestra para los sitios de bajo tráfico es 86. Con el fin de tener encuestas de respaldo por algún caso que fueran necesarias, se realizaron 100 encuestas en todos los sectores, esto disminuye el porcentaje de error a 9.1% para los sectores de 1242 usuarios y a 9% para los sectores de bajo tráfico.

### Procedimiento

A pesar que el muestreo es aleatorio simple dentro de un sector, se sigue un camino para recorrer la mayor parte de la zona de cobertura y de esa forma hacer que los usuarios tengan la misma probabilidad de ser encuestados.

El comportamiento en RF de la señal realmente es muy complejo y es complicado determinar el área de cobertura de un sector sin ayuda de una herramienta de simulación adecuada.

Planet EV<sup>18</sup>, es una herramienta muy completa que ayuda interpretar de forma gráfica la propagación de la señal a nivel RF de una estación base, esto es ilustrado en la figura 4-20.

---

<sup>18</sup> Herramienta para uso restringido de Colombia Móvil TIGO. Conocida comúnmente en procesos de planeación y optimización en redes móviles GSM.





Figura 4-20. Mapa de propagación en la ciudad de Cali

En la figura 4-20, se observa la distribución de señal de diferentes BTS para Cali, donde el color rojo representa el mayor nivel de potencia y el azul el menor así como se indica en la tabla 4-3. Al obtener un modelo de propagación para cada sector, se analiza los niveles de señal en diferentes puntos dentro del sector, indicando los espacios donde probablemente los usuarios obtengan una percepción inadecuada, de esta manera se hace una observación minuciosa del comportamiento de nivel de señal RF en cada sector y en el proceso de encuestas se tiene mucho cuidado con los espacios encontrados; lo anterior se aprecia gráficamente para cada sector en el Anexo K; los niveles de potencia de acuerdo a los colores observados se enseña en la tabla 4-3.

color	Nivel de Potencia
rojo	-65 dBm o superior
rojo claro	de -65 dBm -78 dBm
amarillo	de -79 dBm a -89 dBm
verde	de -90 dBm a -100 dBm
azul	de -100 dBm hacia abajo

Tabla 4-3. Colores asociados a nivel de potencia

Una vez se generan las predicciones de propagación, se procede a generar un análisis de *Mejor Servidor*: como se conoce, cada móvil se engancha a la BTS o servidor, que mejores condiciones de RF le ofrezca; por ende, para determinar cuál es el recorrido dentro de un sector sin salir de perímetro límite, se acude a una de las aplicaciones de Planet EV; que simula el servidor que cubre a un equipo



móvil dentro de cualquier punto de la red; a este proceso se le conoce como mapa de mejor servidor; gráficamente se puede observar para la ciudad tratada en la figura 4-21 y para todos los sitios de estudio en se detallan en el Anexo L. Es así entonces, que es viable mirar el área de cobertura aproximada de cada sector en cada radio base.

Para generar estas predicciones, se toman todos los parámetros técnicos y de simulación que la red GSM pueda necesitar, sin dejar que la aplicación asuma valores que conduzca a resultados erróneos. Entre los utilizados se encuentra las grillas de clúster y de alturas de la ciudad de Cali, el archivo del tipo de antena, el modelo de propagación, frecuencias de trafico TCH y de control BCCH, y todas las configuraciones técnicas de GSM que se mostraron en el capítulo anterior.



Figura 4-21. Mapa de mejor servidor en la ciudad de Cali

De igual manera en el Anexo M, se ilustran los caminos recorridos a lo largo de la zona de cobertura para la realización de encuestas.

**Elemento de recolección de información:** *la encuesta.*

Para la recolección de datos se diseñó una encuesta, cuya redacción se cimienta en la filosofía del modelo SERVQUAL como se mencionó en el capítulo uno.

La encuesta es corta, característica que logra que no tome demasiado tiempo aplicarla y sobre todo que no sea fastidiosa para los encuestados; consta de 10 preguntas distribuidas en tres grupos de la siguiente manera:

**Información personal:**

- ✓ Información de localización temporal y espacial: esta información es útil para comprobar si los problemas solo se presentan en horas pico y para filtrar información, porque se toman las



encuestas a las personas que permanecen la mayor parte de su tiempo en el lugar de estudio.

**Información de KPIs:**

- ✓ Asociadas al SDCCHDropRate: Preguntas 4, 5,6.
- ✓ Asociadas al Handover: Preguntas 7, 8,9.
- ✓ Asociadas al TCHDropRate: Preguntas 9

**Información de calidad de Voz**

- ✓ Pregunta 10.

Las preguntas asociadas a los KPIs, fueron redactadas detalladamente y tienen un fin específico en cada uno de los indicadores; se fundamentan en el proceso de llamada y en la asignación de canales lógicos y físicos; pues una falla en una parte del proceso, genera un mensaje que incrementa el contador asociado de los KPIs.

Las preguntas son puntuales y de fácil comprensión para las personas; asimismo no dejan respuestas abiertas que impidan un análisis homogéneo y evitan la recolección de información no útil.

En la tabla 4-4 se explica puntualmente cada una de las preguntas y su correspondencia con los KPIs:

PREGUNTA	KPI Asociado
1. Escriba su número de teléfono móvil	Ninguno
2. ¿En qué horario (s) habla más por celular?	Ninguno
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?	Ninguno
<b>CUANDO USTED QUIERE HACER UNA LLAMADA</b>	
Responda las preguntas 4, 5 y 6 de acuerdo a este enunciado.	
4. ¿La llamada se establece normalmente?	SDCCHDropRate
5. ¿La llamada se cae antes de timbrar?	SDCCHDropRate
6. ¿Tiene que intentar varias veces para que salga la llamada?	SDCCHDropRate
<b>CUANDO USTED ESTÁ EN MOVIMIENTO (VEHÍCULO, CAMINANDO) Y HABLANDO POR CELULAR. Responda las preguntas 7, 8 Y 9 de acuerdo a este enunciado.</b>	
7. ¿La llamada transcurre normalmente? La comunicación se pierde por momentos. (Se entrecorta)	HANDOVER y TCHDropRate
8. ¿Llega un momento en que la llamada se cae completamente?	HANDOVER
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando?	HANDOVER y TCHDropRate
10. ¿Cómo calificaría la calidad del servicio de voz de TIGO?	Ninguno

*Tabla 4-3. Relación de preguntas vs KPIs*





## Capítulo 5 : ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CORRELACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS CON LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO

La interacción con las personas, es quizá la experiencia más exigente que tiene la investigación, porque se encuentran inmersos una gran cantidad de factores influyentes tanto técnicos como culturales que hacen del proceso de aplicación de encuestas, una carrera contra el espacio y tiempo del encuestado y su éxito depende de la habilidad, amabilidad, claridad y credibilidad del encuestador.

En el presente capítulo, se confronta lo que perciben los usuarios con los indicadores de calidad de la red, el orden en que se realiza es: primero, analizar los resultados obtenidos de las encuestas con lo que se obtiene el porcentaje de usuarios conformes con el servicio, posteriormente se explora que contador genera el disparo del KPI y sus parámetros técnicos asociados y finalmente se propone una tabla de valores límites para los parámetros técnicos que se puedan generalizar.

Antes de entrar en materia, se realizan las siguientes notas en cuanto a la información de las encuestas:

- ✓ En este documento, no se encuentra la información obtenida de números de celular ni marcas de los mismos.
- ✓ Todas las preguntas tienen la opción “No se ha percatado”, que no se cuentan como buenas ni como malas, es una respuesta neutra.
- ✓ La totalidad de las personas encuestadas, respondieron que utilizan el servicio de voz durante todo el día (respuesta relacionada con la pregunta 2).
- ✓ No se entregaron las encuestas a cada persona, cada pregunta fue formulada de manera verbal.
- ✓ A todos los sectores se le aplico la misma encuesta y los resultados de las preguntas que no se muestran en este documento, están en el Anexo O.

### 5.1 ANÁLISIS DE KPIS

#### 5.1.1 Análisis para SDCCHDropRate

Las respuestas a las preguntas para SDCCHDropRate se interpretan así:

Pregunta 3: la mayoría de las encuestas, se realizaron “*in building*” porque el SDCCHDropRate se ve bastante afectado por las pérdidas de penetración dificultando la asignación de un canal SDCCH.



Pregunta 4: pregunta que permite que el usuario se ubique en el momento que quiere establecer una llamada, es la percepción global del inicio de una comunicación; desde el punto de vista técnico, la asignación del canal SDCCH.

- ✓ Siempre: puede establecer **todas** sus llamadas sin problema.
- ✓ Casi siempre: está más cercano al siempre. El usuario tiene problemas, pero son esporádicos. No se considera una mala experiencia.
- ✓ A veces: es una respuesta que refleja una experiencia regular, la mayoría de las ocasiones el usuario experimenta problemas para establecer la llamada. Se considera una mala experiencia.
- ✓ Nunca: el usuario no puede establecer una llamada, sin tener al menos un problema. Es el caso más crítico que se puede presentar.

Pregunta 5: ubica al usuario en el proceso de inicio de llamada.

- ✓ Siempre: el usuario tiene la peor experiencia cuando solicita un canal SDCCH.
- ✓ Casi siempre: pocas veces el usuario puede realizar una llamada sin que se presenten fallas al inicio. Se relaciona a una mala experiencia.
- ✓ A veces: esporádicamente, el canal SDCCH **no** se asigna exitosamente o se cae. No se considera una mala experiencia.
- ✓ Nunca: confirma un excelente comportamiento de la red en cuanto a funcionamiento del SDCCH.

Pregunta 6: corrobora que se evalúe realmente la percepción del usuario cuando solicita o utiliza el canal SDCCH. Ambos procesos son completamente transparentes para el usuario final.

- ✓ Siempre: el usuario debe hacer al menos dos intentos para que salga la llamada. Se considera un evento con influencia negativa para la percepción de calidad.
- ✓ Casi siempre: es muy frecuente y genera molestias al usuario.
- ✓ A veces: es esporádico, aunque el usuario alcanza a percibir dificultades, no le causa molestia. No se considera problema.
- ✓ Nunca: en el primer intento de llamada, la comunicación es exitosa.

En la tabla 5-1, se exponen los resultados que arroja la encuesta para SDCCHDropRate en San Nicolás:





PREGUNTA	KPI Asociado	Sitio	Respuesta	Cantidad(vr)
2. ¿En qué horario (s) habla más por celular?	Ninguno	cal0024	Todo el día	100
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?	Ninguno	cal0024	Respuesta	Cantidad(vr)
			INBUILDING	61
			OUTBUILDING	39
<b>CUANDO USTED QUIERE HACER UNA LLAMADA</b> Responda las preguntas 4, 5 y 6 de acuerdo a este enunciado.				
4. ¿La llamada se establece normalmente?	SDCCHDropRate	cal0024	Respuesta	Cantidad(vr)
			Siempre	61
			Casi Siempre	16
			A veces	21
			Nunca	2
			No se ha percatado	0
5. ¿La llamada se cae antes de timbrar?	SDCCHDropRate	cal0024	Respuesta	Cantidad(vr)
			Siempre	1
			Casi Siempre	3
			A veces	25
			Nunca	69
			No se ha percatado	2
6. ¿Tiene que intentar varias veces para que salga la llamada?	SDCCHDropRate	cal0024	Respuesta	Cantidad(vr)
			Siempre	2
			Casi Siempre	6
			A veces	28
			Nunca	64
			No se ha percatado	0

Tabla 5-1. Resultados de encuestas en San Nicolás

Las tres preguntas son complementarias e interrogan de diferentes formas, un mismo evento: percepción de fallas en el establecimiento y mantenimiento del canal SDCCH.

Cuando una llamada se establece normalmente, implica que la llamada no se cayó antes de timbrar y por consiguiente, el usuario no tiene que intentar varias veces para que salga la llamada. Esto ayuda a verificar que se está evaluando la calidad frente a SDCCHDropRate y que los resultados de las preguntas, se soporten entre sí.



El hecho de que la llamada se caiga antes de timbrar, no implica que el usuario deba intentar varias veces para que salga la llamada, pero es un comportamiento normal que el usuario vuelva a llamar cuando el primer intento es fallido y se comprueba con la semejanza de resultados de la pregunta 5 y 6.

El porcentaje de usuarios que perciben calidad buena o superior con el servicio prestado relacionado a problemas de SDCCH en este sitio según cada pregunta es:

- ✓ Pregunta 4: 77%
  - ✓ Pregunta 5: 96%
  - ✓ Pregunta 6: 92%
- Promedio: 88.33%

De la pregunta 10, se obtienen los resultados ilustrados en la figura 5-1.

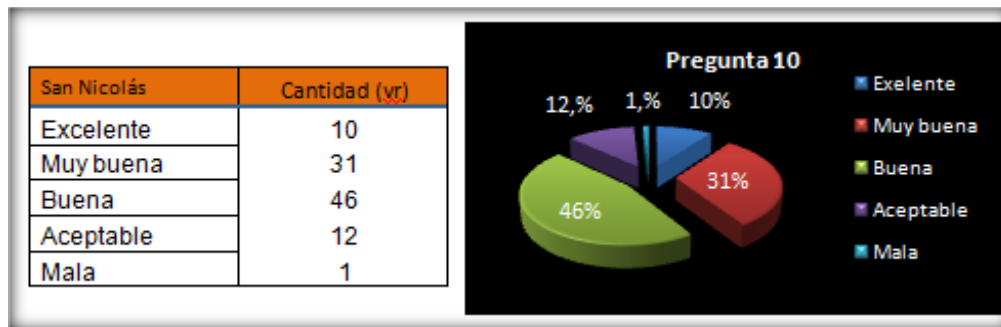


Figura 5-1. Resultados de la pregunta 10 en San Nicolás

El porcentaje de usuarios encuestados que perciben excelente, muy buena y buena calidad de voz en San Nicolás es el 87%.

Confrontando estos porcentajes, se concluye que la calidad percibida por los usuarios en un sitio con problemas de SDCCHDropRate es buena; pero algunos pocos usuarios alcanzan a percibir los problemas de SDCCH.

Según información arrojada por la red, San Nicolás tiene problemas notables de SDCCHDropRate y se concluye que tiene bajo nivel de influencia en los usuarios.

Los resultados para el sitio de comparación se muestran en la tabla 5-2:





PREGUNTA	KPI Asociado	Sitio Cal0076	Respuesta	Cantidad (vr)
2. ¿En qué horario (s) habla más por celular?	Ninguno		Todo el día	96
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?	Ninguno		Respuesta	Cantidad (vr)
			INBUILDING	58
			OUTBUILDING	38
CUANDO USTED QUIERE HACER UNA LLAMADA				
Responda las preguntas 4, 5 y 6 de acuerdo a este enunciado.				
4. ¿La llamada se establece normalmente?	SDCCHDropRate		Respuesta	Cantidad (vr)
			Siempre	66
			Casi Siempre	15
			A veces	15
			Nunca	0
			No se ha percatado	0
5. ¿La llamada se cae antes de timbrar?	SDCCHDropRate		Respuesta	Cantidad (vr)
			Siempre	1
			Casi Siempre	3
			A veces	31
			Nunca	59
			No se ha percatado	2
6. ¿Tiene que intentar varias veces para que salga la llamada?	SDCCHDropRate		Respuesta	Cantidad (vr)
			Siempre	4
			Casi Siempre	3
			A veces	28
			Nunca	61
			No se ha percatado	0

Tabla 5-2. Resultados de las encuestas en Plaza Caicedo

Los resultados obtenidos en Plaza Caicedo, tienen un comportamiento similar al observado en San Nicolás, y el porcentaje de usuarios que experimentan buena calidad es semejante, pues según las preguntas 4, 5 y 6 son:

- ✓ Pregunta 4: 81%
- ✓ Pregunta 5: 92%
- ✓ Pregunta 6: 89%



Promedio: 87.33%

En las preguntas 4 y 6, los resultados son casi los mismos en ambos sectores, pero en la pregunta 5, menos usuarios experimentan caídas de llamada antes de timbrar en Plaza Caicedo.

Los resultados de la pregunta 10 obtenidos en Plaza Caicedo, se observan en la figura 5-2.

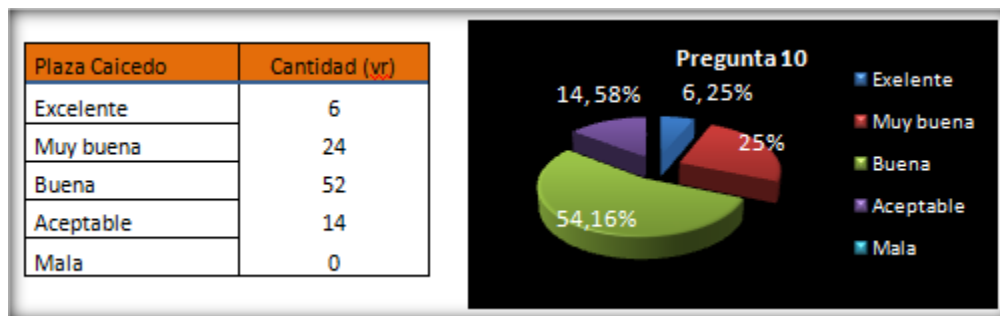


Figura 5-2. Resultados de pregunta 10 en Plaza Caicedo

Según la pregunta 10, el 82% de usuarios encuestados, perciben buena calidad de voz.

Se observa que hay más usuarios que califican el servicio como “muy bueno” en San Nicolás que en Plaza Caicedo y más usuarios opinan que el servicio es “bueno”, en Plaza Caicedo que en San Nicolás. El porcentaje de usuarios conformes en San Nicolás es el 87% y en Plaza Caicedo es 82% según pregunta 10 y según promedio de preguntas, los porcentajes son 88.33% y 87.33% respectivamente; con estos resultados se concluye que aunque Plaza Caicedo tiene mejores indicadores de calidad, en San Nicolás, los usuarios califican el servicio como bueno.

Desde el punto de vista de los usuarios, la red no presenta problemas serios en este aspecto; sin embargo con ayuda de los contadores de la red, se establecen causas puntuales por las que el SDCCHDropRate esté disparado en San Nicolás.

Los valores de los contadores arrojados por la red para San Nicolás, se observan en la figura 5-3<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Solo se analizan los contadores para sitios problema.

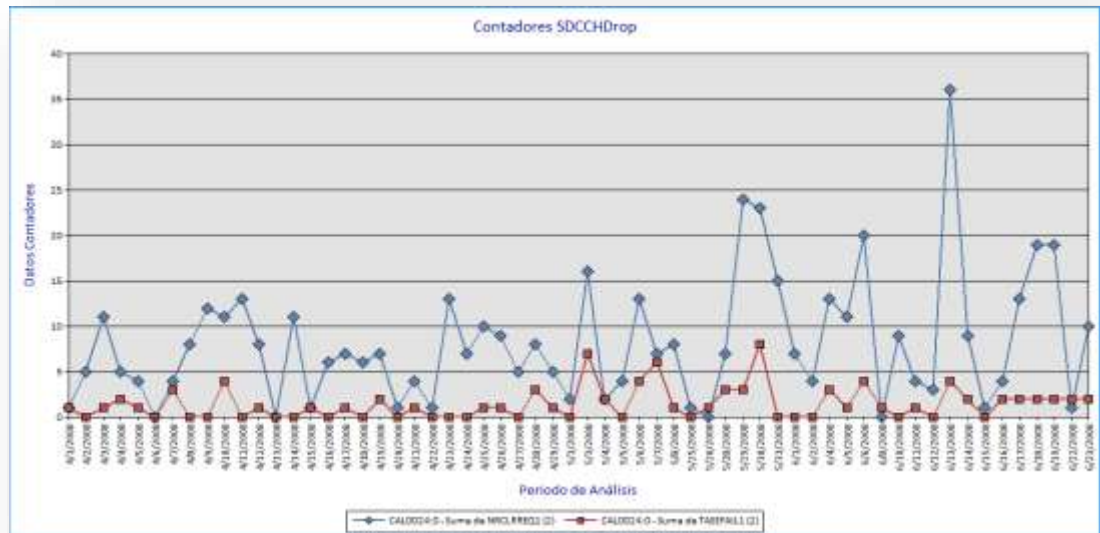


Figura 5-3. Comportamiento de contadores para San Nicolás

En la figura 5-3, se observa claramente que el problema de SDCCHDropRate que se presenta en San Nicolás, se debe principalmente al NRCLRREQ que indica que los canales SDCCH se asignan y luego se caen; con la base de datos disponible, no es posible conocer el subcontador disparado. El TASSFAIL, se refiere a que el canal no se puede asignar, pero este no es el caso.

Los parámetros técnicos asociados a NRCLRREQ, son el azimut, *tilt*, nivel de recepción del móvil, nivel de recepción de la BTS, potencia y tipo de antena.

La tabla 5-3, compara los parámetros técnicos implementados en los sitios.

Codigo	Potencia tx	Antena	Azimuth	Tilt	Nombre de sitio	Nivel de recepción de la BTS	Nivel de RX del móvil
SDCCHDropRate							
CAL0076_1	56,4248	K742211_02T	80	-1	PLAZA DE CAICEDO	-103	-104
CAL0024_1	58,0552	K742211_02T	5	-3	SAN NICOLAS	-103	-104

Tabla 5-3. Relación de parámetros técnicos para SDCCHDropRate

Como se puede ver, la potencia es mayor en San Nicolás y puede ser bueno o malo dependiendo de otros factores como el nivel de interferencia co – canal o canal adyacente o factores externos a la red



como las pérdidas de penetración en los edificios de ese sector. En cuanto al nivel de recepción de la estación móvil y la BTS, se determina si el valor establecido es el adecuado y si es influyente en la calidad percibida. No es posible proponer valores límites de azimut y *tilt* porque son y deben ser diferentes para cada sector adaptándose a las necesidades particulares de cada caso.

Como parámetros técnicos límites, se proponen:

Potencia de tx: 58.05 dBi

Antena: K742212

Nivel de recepción de la BTS: -104dB

Nivel de recepción del móvil: -104dB

### 5.1.2 Análisis para TCHDropRate

Las respuestas a las pregunta 9 de TCHDropRate se interpretan como sigue:

Pregunta 9: es una pregunta puntual, y ubica al usuario en el momento exacto en que está hablando. La pregunta 9 sitúa al usuario en tres escenarios diferentes: cuando está quieto, caminando o en vehículo. La pregunta 9, también evalúa problemas de *handover*.

- ✓ Siempre: todas las veces que el usuario está hablando, se le cae la llamada. Es un caso que puede presentarse en “huecos” de cobertura.
- ✓ Casi siempre: la mayoría de veces que el usuario está hablando, se le cae la llamada. Este caso como el anterior, resulta molesto para el usuario.
- ✓ A veces: al usuario, casualmente se le cae la llamada. No es molesto, y no se considera como una mala experiencia.
- ✓ Nunca: el usuario no percibe problemas en canales TCH, que no quiere decir que no los haya en realidad. Según el usuario, no existe problema alguno en ese aspecto.

La tabla 5-4, exhibe los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas en el sector problema para TCHDropRate, Javeriana.



PREGUNTA	KPI Asociado	Sitio cal0070	Respuesta	Cantidad (vr)
2. ¿En qué horario (s) habla más por celular?	Ninguno		Todo el día	100
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?	Ninguno		Respuesta	Cantidad (vr)
			INBUILDING	30
			OUTBUILDING	70
CUANDO USTED ESTÁ EN MOVIMIENTO (VEHICULO, CAMINANDO) Y HABLANDO POR CELULAR. Responda las preguntas 7, 8 Y 9 de acuerdo a este enunciado.				
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Vehículo	TCHDropRate		Respuesta	
			Siempre	0
			Casi Siempre	2
			A veces	10
			Nunca	86
			No se ha percatado	2
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Quieto	TCHDropRate		Respuesta	
			Siempre	0
			Casi Siempre	0
			A veces	4
			Nunca	96
			No se ha percatado	0
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Caminando	TCHDropRate		Respuesta	Cantidad (vr)
			Siempre	0
			Casi Siempre	0
			A veces	16
			Nunca	84
			No se ha percatado	0

Tabla 5-4. Resultados de las encuestas en Javeriana

La mayor parte de las personas que se encuestaron, permanecen fuera de edificios y pocas personas tienen problemas en el transcurso de sus llamadas.

La caída del canal TCH, es bastante notoria cuando se está en vehículo; y en menor proporción cuando se está quieto o caminando.

La respuesta “a veces”, evidencia que esta zona efectivamente presenta problemas de caída de canal de tráfico; y aunque el sector haya estado disparado en TCHDropRate, los usuarios no consideran que tenga problemas graves.

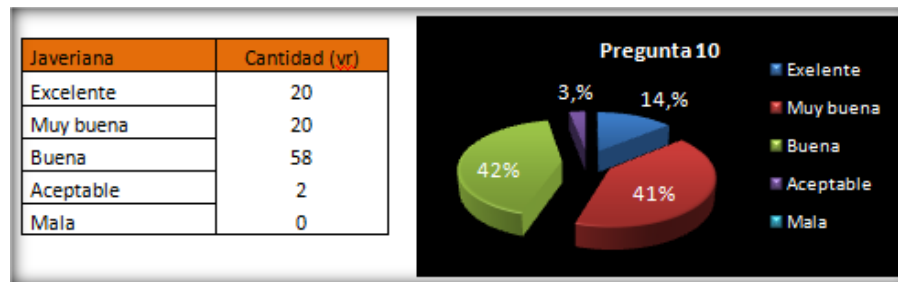


El porcentaje de usuarios conformes con el servicio prestado en el sitio con problemas de caída de llamadas según la pregunta 9 es:

- ✓ Pregunta 9:
    - Cuando van vehículos: 96%
    - Cuando van caminando: 100%
    - Cuando están quietos: 100%
- Promedio: 98.6%

En promedio, el 98.6% de los usuarios está conforme con la calidad de voz de TIGO con respecto a problemas de caídas de llamada o TCHDropRate.

Los resultados de la pregunta 10 obtenidos en la Javeriana, se muestran en la figura 5-4.



*Figura 5-4. Resultados de la pregunta 10 en Javeriana*

Indican que el 98% de los usuarios TIGO en Javeriana, opinan que la calidad de voz es buena, muy buena o excelente y solo el 2%, que es regular; en general, la calidad se considera buena.

Los resultados de las encuestas en la Autónoma, que es el sitio de comparación de la Javeriana se muestran en la tabla 5-5.

PREGUNTA	KPI Asociado	Sitio cal0068	Respuesta	Cantidad (vr)
2. ¿En qué horario (s) habla más por celular?		Ninguno	Todo el día	100
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?		Ninguno	Respuesta	Contador(vr)
			INBUILDING	43
			OUTBUILDING	57
CUANDO USTED ESTÁ EN MOVIMIENTO (VEHÍCULO, CAMINANDO) Y HABLANDO POR CELULAR. Responda las preguntas 7, 8 Y 9 de acuerdo a este enunciado.				
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Vehículo		TCHDropRate	Respuesta	Contador(vr)



	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi Siempre</li> <li>■ A veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No se ha percatado</li> </ul>	Siempre	0
		Casi Siempre	0
		A veces	5
		Nunca	95
		No se ha percatado	0
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Quieto	TCHDropRate	Respuesta	Contador(vr)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi Siempre</li> <li>■ A veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No se ha percatado</li> </ul>	Siempre	0
		Casi Siempre	1
		A veces	2
		Nunca	97
		No se ha percatado	0
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Caminando	TCHDropRate	Respuesta	Contador(vr)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi Siempre</li> <li>■ A veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No se ha percatado</li> </ul>	Siempre	0
		Casi Siempre	0
		A veces	5
		Nunca	95
		No se ha percatado	0

Tabla 5-5. Resultados de las encuestas en la Autónoma

Se nota que hay algunos usuarios que esporádicamente experimentan caída de llamada. Cuando el usuario está en movimiento, cualquiera que sea, tiene más llamadas caídas y esto se debe también a problemas de *handover*. La mayoría de encuestados, aseguran que hay problemas en un salón subterráneo que hay dentro del campus universitario y esto puede ser causal de la respuesta “a veces” de los usuarios.

El porcentaje de usuarios conformes para cada caso son:

- ✓ En vehículo: 100%
- ✓ Quieto: 99%
- ✓ Caminando: 100%

Promedio 99.5%

Es claro que los resultados son solo un poco mejores que en la Javeriana.



Los resultados de la pregunta 10 en la Autónoma, se observan en la figura 5-5.

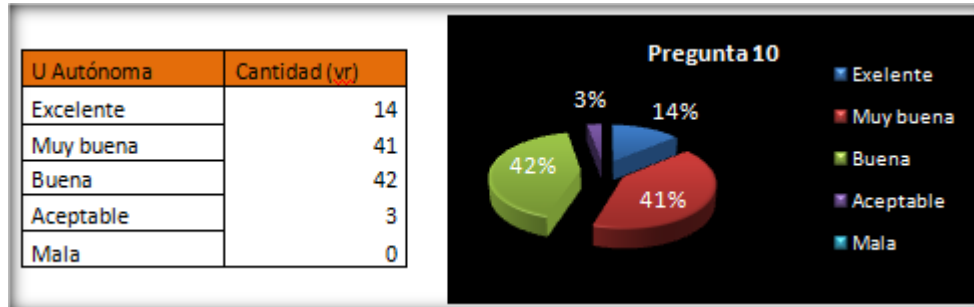


Figura 5-5. Resultados de la pregunta 10 en Autónoma

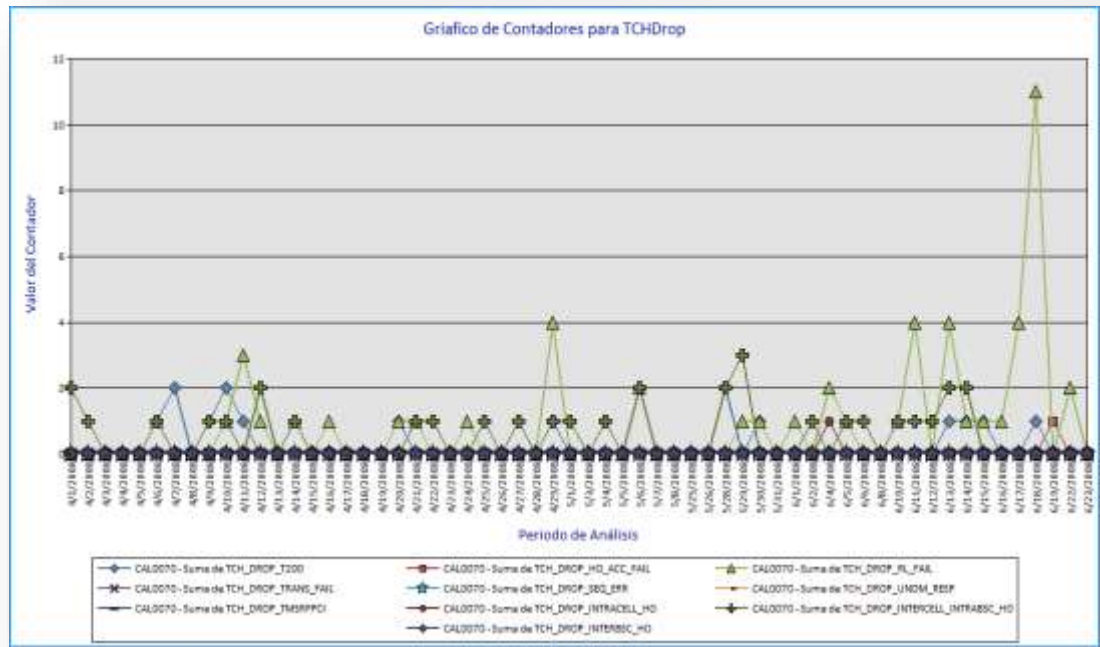
De esta pregunta se obtiene que el 97% de los usuarios perciben buena calidad.

Un detalle curioso, es que en la Autónoma los KPIs no están disparados y el porcentaje de usuarios conformes es mayor en Javeriana que es el sitio problema. Cabe resaltar que en Javeriana, el 20% respondieron que la calidad es “muy buena”, mientras que en Autónoma, opinaron lo mismo el 41%.

El porcentaje promedio de usuarios conformes con el servicio de Javeriana es 98.6%, y para Autónoma es 99.6%; con los resultados obtenidos se concluye que el porcentaje de usuarios conformes con el servicio es casi la misma en ambos sitios y que no perciben las grandes diferencias que hay en el comportamiento del TCHDropRate en el monitoreo de la red.

Los contadores de TCHDropRate para Javeriana se muestran en la figura 5-6.





*Figura 5-6. Comportamiento de contadores en Javeriana*

Para TCHDropRate es posible determinar la causa que genera mayor problema. Para Javeriana, el indicador de TCHDropRate que más afecta es el indicado con un triángulo verde, asociado a fallas en el radio enlace y los parámetros técnicos asociados son la potencia, el azimut, tilt, nivel de recepción del móvil y la BTS, tipo de antena.

En la tabla 5-6 se expone la relación de parámetros técnicos para TCHDropRate.

Codigo	Potencia tx	Antena	Azimuth	Tilt	Nombre de sitio	Nivel de recepción de la BTS	Nivel de RX del móvil
TCHDropRate							
CAL0068_2	57,8326	DB978G30E-M_00T	140	-3	UNIVERSIDAD AUTONOMA	-103	-104
CAL0070_2	57	K742211_03T	160	-2	JAVERIANA	-103	-104

*Tabla 5-6. Relación de parámetros técnicos para TCHDropRate*

Se observa que el sector problema tiene menor potencia pero no tiene mayor influencia en la calidad percibida y por lo tanto se puede proponer como valor mínimo para sitios con características semejantes.



Las características de las antenas se muestran en la tabla 5-7:

	K742211	DB978G30E-M
Ganancia	15.4dBi	20.8dBi
Patrón horizontal	67°	30°
Patrón vertical	14°	7°
Relación front to back	24dB	40dB
Aislamiento entre puertos	30dB	
VSWR	1.4	1.3
Máxima potencia de entrada	300W	250W

Tabla 5-7. Comparación de características de las antenas utilizadas

La antena DB978G30E-M tiene mejores características porque es más directiva, tiene mayor ganancia, mejor acople con la línea de transmisión y mayor ganancia. Sin embargo, con las características de la antena K742211 es suficiente para que los usuarios tengan una buena percepción de calidad de la red.

Como parámetros técnicos límites para sitios similares, se proponen:

Potencia de tx: 57 dBm

Antena: K742211

Nivel de recepción de la BTS: -103dB

Nivel de recepción del móvil: -104dB

### 5.1.3 Análisis para Handover

La apreciación de los usuarios para problemas de *handover* radica en los dos eventos siguientes:

- ✓ Que el transcurso normal de una comunicación clara se vea afectado.
- ✓ Que la comunicación termine abruptamente.

No todo proceso de *handover* finaliza en una caída de canal de tráfico. En base a lo anterior el diseño de las preguntas y su significado que se expone en seguida:



Pregunta 7:

La pregunta 7 ubica al usuario final en el escenario de comunicarse a través de su móvil y al mismo tiempo se encuentre en movimiento (en vehículo o caminando); es una pregunta global, que determina si el usuario percibe algún problema una vez tiene asignado canal de tráfico y pueda iniciar procesos de *Handover*. El significado de cada respuesta es.

- ✓ Siempre (vehículo, caminando): el usuario cuando se está comunicando no tiene ningún tipo de problema ni inconformidad.
- ✓ Casi siempre (vehículo, caminando): próximo al “*Siempre*”, los problemas son muy esporádicos y no genera inconformidad considerable en el usuario.
- ✓ A veces (vehículo, caminando): próximo al “*Nunca*”, se aproxima mucho a una mala experiencia del usuario, realmente es considerable y en caso de ser elevado, obliga a tomar medidas correctivas.
- ✓ Nunca (vehículo, caminando): los problemas técnicos y/o de optimización la red generan constantemente problemas al usuario.

Pregunta 8: ligado a los problemas de calidad de llamada en procesos de *handover*.

- ✓ Siempre (vehículo, caminando): en todo momento se deteriora el mínimo nivel de calidad de voz permitido por el usuario.
- ✓ Casi Siempre (vehículo, caminando): de igual manera, en casi en todas las llamadas, hay fallas en la calidad. Próximo al siempre.
- ✓ A veces (vehículo, caminando): ocasionalmente la calidad de la llamada resulta afectada, el impacto frente al usuario no es negativo.
- ✓ Nunca (vehículo, caminando): definitivamente los procesos de *Handover* son completamente invisibles, y no afectan en ningún momento la satisfacción requerida.

Pregunta 9: esta pregunta evalúa dos KPIs, TCHDropRate y *Handover* según el sitio donde se realice la encuesta. En el caso de *handover* solo aplica el escenario de personas en movimiento. La pregunta nueve expresa la caída de la llamada cuando se ha dado inicio al proceso de *handover*.

- ✓ Siempre (vehículo, caminando): es imposible mantener una llamada activa sin que se caiga, pero no por la voluntad del usuario. Es una mala experiencia.
- ✓ Casi Siempre (vehículo, caminando): casi todo proceso de *handover* tiene como consecuencia un “*drop*” inesperado. Próximo al siempre con mala experiencia



- ✓ A veces (vehículo, caminando): que la llamada se caiga, es un evento fortuito sin generar percepción negativa. Próximo al nunca.
- ✓ Nunca (vehículo, caminando). la comunicación termina, cuando el usuario lo decide y no por problemas de red.

PREGUNTA	KPI Asociado	Sitio cal0058	Respuesta	Contador(vr)
2. ¿En que horario (s) habla más por celular?	Ninguno		Todo el día	99
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?	Ninguno		Respuesta	Contador(vr)
			INBUILDING	59
			OUTBUILDING	40
CUANDO USTED ESTÁ EN MOVIMIENTO (VEHÍCULO, CAMINANDO) Y HABLANDO POR CELULAR. Responda las preguntas 7, 8 Y 9 de acuerdo a este enunciado.				
7. ¿La llamada transcurre normalmente? En Vehículo	HandOver		Respuesta	Contador(vr)
			Siempre	83
			Casi Siempre	8
			A veces	6
			Nunca	2
			No se ha percatado	0
7. ¿La llamada transcurre normalmente? Caminando	HandOver		Respuesta	Contador(vr)
			Siempre	83
			Casi Siempre	8
			A veces	5
			Nunca	3
			No se ha percatado	0
8. ¿La comunicación se pierde por momentos. (Se entrecorta)? Vehículo	HandOver		Respuesta	Contador(vr)
			Siempre	0
			Casi Siempre	0
			A veces	28
			Nunca	71
			No se ha percatado	0
8. ¿La comunicación se pierde por momentos. (Se entrecorta)? Caminando	HandOver		Respuesta	Contador(vr)



	Siempre	0	
	Casi Siempre	0	
	A veces	19	
	Nunca	79	
	No se ha percatado	1	
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Vehículo	HandOver	Respuesta	Contador(vr)
	Siempre	0	
	Casi Siempre	0	
	A veces	13	
	Nunca	85	
	No se ha percatado	1	
9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Caminando	HandOver	Respuesta	Contador(vr)
	Siempre	0	
	Casi Siempre	1	
	A veces	9	
	Nunca	89	
	No se ha percatado	0	

Tabla 5-8. Resultados de las encuestas en La 14 Limonar

Los resultados de la tabla 5-8 muestran que la mayoría de personas son encuestadas en la calle; aunque, sus llamadas las realizan con mayor frecuencia dentro de un establecimiento o edificación, el resultado muestra que un 60% de las personas encuestadas hablan “*INBUILDING*” y un 40% lo hacen más en “*OUTBUILDING*”. Se debe recordar que no es necesario salir del área de cobertura de la celda servidora para iniciar el proceso de *handover* hacia otro servidor.

Con respecto a la pregunta 9, para garantizar que realmente se está evaluando la caída del canal TCH por problemas de *handover*, se acude a la herramienta en Access y se grafica la conducta del canal TCH para el sector, mostrando que el sub-contador más destacado o la razón por la que se cae el canal TCH en el sector, es por problemas de *Handover* tal como se aprecia en la figura 5-7.

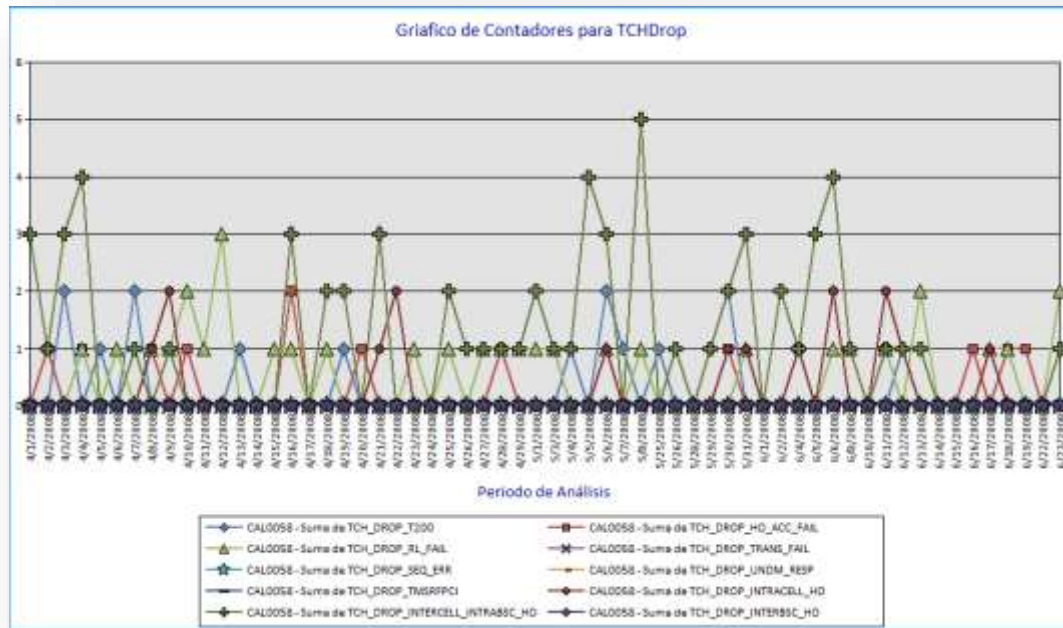


Figura 5-7. Relación de contadores para La 14 Limonar

Acorde con el significado de cada respuesta, el porcentaje de personas con un grado de conformidad buena o superior para cada pregunta de la tabla 5-8 es:

- ✓ Pregunta 7 (vehículo): 91.91%
  - ✓ Pregunta 7 (caminando): 91.91%
  - ✓ Pregunta 8 (vehículo): 100%
  - ✓ Pregunta 8 (caminando): 98.98%
  - ✓ Pregunta 9(vehículo): 98.98%
  - ✓ Pregunta 9 (caminando): 98.98%
- Promedio: 96.79%

Promediando el resultado de cada pregunta, se concluye que en general el grado de conformidad buena o superior para La 14 Limonar es de 96.79%.

El la figura 5-8 referente a la pregunta sobre la calificación de la calidad de voz, muestra que un 91.91% de las personas califican el servicio de voz como buena o superior, mientras que un 8.08% opina que es regular o mala.

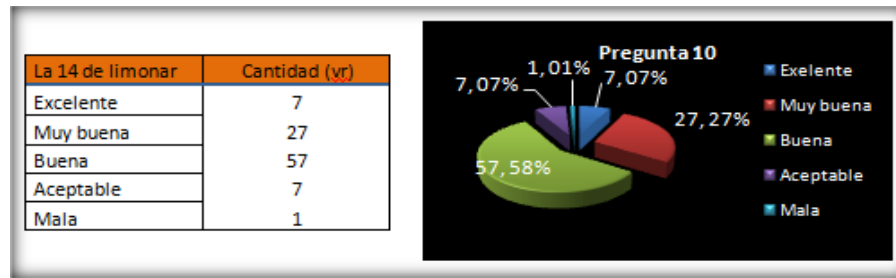


Figura 5-8. Resultados de la pregunta 10 para La 14 Limonar

Al hacer una comparación del promedio de conformidad con la evaluación de calidad, se observa que existe una diferencia del 4.88%; aún así la calidad percibida del servicio es realmente buena y a pesar de que hay problemas de *handover*, el usuario final no ve comprometida su satisfacción en el sector.

PREGUNTA	KPI Asociado	Sitio cal0043	Respuesta	Contador(vr)
2. ¿En que horario (s) habla más por celular?	Ninguno		Todo el día	100
3. En ese horario, ¿en donde se encuentra generalmente?	Ninguno		Respuesta	Contador(vr)
			INBUILDING	59
			OUTBUILDING	41
CUANDO USTED ESTÁ EN MOVIMIENTO (VEHÍCULO, CAMINANDO) Y HABLANDO POR CELULAR. Responda las preguntas 7, 8 Y 9 de acuerdo a este enunciado.				
7. ¿La llamada transcurre normalmente? En Vehículo	HandOver		Respuesta	Contador(vr)
			Siempre	96
			Casi Siempre	4
			A veces	0
			Nunca	0
			No se ha percatado	0
7. ¿La llamada transcurre normalmente? Caminando	HandOver		Respuesta	Contador(vr)
			Siempre	95
			Casi Siempre	5
			A veces	0
			Nunca	0
			No se ha percatado	0
8. ¿La comunicación se pierde por momentos. (Se entrecorta)? Vehículo	HandOver		Respuesta	Contador(vr)
			Siempre	0
			Casi Siempre	0
			A veces	20
			Nunca	80
			No se ha percatado	0



8. ¿La comunicación se pierde por momentos. (Se entrecorta)? Caminando	HandOver	Respuesta	Contador(vr)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi Siempre</li> <li>■ A veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No se ha percatado</li> </ul>	Siempre	0
		Casi Siempre	0
		A veces	12
		Nunca	88
		No se ha percatado	0
		9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Vehiculo	HandOver
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi Siempre</li> <li>■ A veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No se ha percatado</li> </ul>	Siempre	0
		Casi Siempre	0
		A veces	1
		Nunca	98
		No se ha percatado	1
		9. ¿La llamada se cae mientras está hablando? Caminando	HandOver
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siempre</li> <li>■ Casi Siempre</li> <li>■ A veces</li> <li>■ Nunca</li> <li>■ No se ha percatado</li> </ul>	Siempre	0
		Casi Siempre	0
		A veces	1
		Nunca	99
		No se ha percatado	0

Tabla 5-9. Resultados de las encuestas en San Fernando

En San Fernando los resultados son muy interesantes; pues los problemas de la red son casi imperceptibles por los usuarios, en la mayoría de las preguntas se expone una realidad muy buena para la experiencia del usuario y los porcentajes de las malas apreciaciones en casi todos es nula, así como se aprecia en la tabla 5-9.

Los resultados de las encuestas para San Fernando con respecto al grado de conformidad son:

- ✓ Pregunta 7 (vehículo): 100%
  - ✓ Pregunta 7 (caminando): 100%
  - ✓ Pregunta 8 (vehículo): 100%
  - ✓ Pregunta 8 (caminando): 100%
  - ✓ Pregunta 9(vehículo): 99%
  - ✓ Pregunta 9 (caminando): 100%
- Promedio: 99.83%

Para un promedio general de usuarios conformes de 99.83%; que es realmente alto y garantiza muy buena calidad al usuario.





Con respecto a la pregunta de evaluación de calidad en el sector San Fernando expuesta en la figura 5-9, se extrae que el 99.083% de la población da una opinión de calidad buena o superior al servicio de voz de TIGO, frente a un 1% de calificación aceptable y a un 0% de mala calidad.

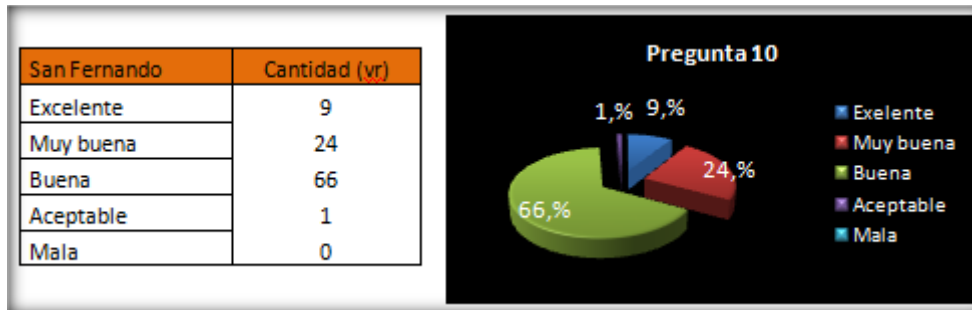


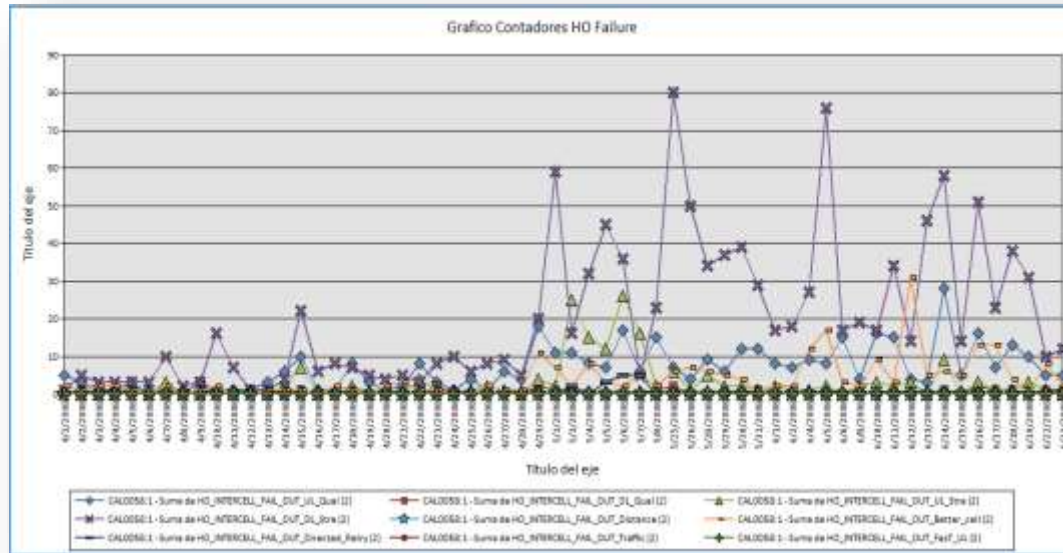
Figura 5-9. Resultados de la pregunta 10 en San Fernando

La diferencia entre los promedios de evaluación y de conformidad general, es de tan solo 0.83%, consolidando que el sitio encuestado tiene una alta aceptabilidad y conformidad para servicio de voz.

Se compara los resultados para los dos sitios encuestados y se concluye fácilmente que en procesos de *handover* fallidos, los usuarios no ven amenazado el desempeño general de su comunicación, pues en los dos sitios los niveles de conformidad son bastantes altos y la calificación general de la calidad de voz refleja casi una satisfacción total.

Para estimar los valores de parámetros técnicos límites de configuración de sitio, se toma como referencia el peor de los dos sitios encuestados y se desglosa minuciosamente el desempeño de los sub-contadores en el periodo de análisis. Para *handover* el sitio que determina los valores de los parámetros es el sitio problema conocido como San Nicolás.

La figura 5-10, desglosa el comportamiento de los HANDOVER FAILURE con causa de origen del *handover*; en otras palabras son las causas por las que se genera el proceso de *handover* y falla. La razón por la que se analizan estas causas es porque detallan los problemas puntuales de *handover* del sitio y no los problemas de las celdas vecinas, lo que facilita los procesos correctivos en el sector.



*Figura 5-10. Relación de contadores para San Fernando*

Como a la mayoría de los sub-contadores les corresponde los mismos parámetros técnicos, el procedimiento adecuado es tomar el contador más afectado y sobre él determinar los valores límites de configuración.

La figura 5-10, deja ver claramente que en San Nicolás el sub-contador fallido es el *Handover failure* con causa “potencia en DL” (*HO\_INTERCELL\_OUT\_DL\_Stre*) y los parámetros técnicos relacionados son: la potencia, el azimut, *tilt*, nivel de recepción en la estación móvil y en la BTS, y el tipo de antena.

Codigo	Potencia tx	Antena	Azimuth	Tilt	Nombre de sitio	Nivel de recepción de la BTS	Nivel de RX del móvil
Handover							
CAL0043_1	58,331	K742211_02T	350	-2	SAN FERNANDO	-103	-104
CAL0058_2	57,6506	K742211_02T	120	0	EL LIMONAR	-103	-103

*Tabla 5-10. Relación de parámetros técnicos para Handover*

A diferencia de los casos anteriores, San Fernando y El Limonar, tienen diferencia en la configuración del nivel de RX del móvil y como valor límite, se toma el menor.

Se proponen como parámetros técnicos límites para sitios similares:

Potencia de tx: 57.65 dBi



Antena: K742212

Nivel de recepción de la BTS: -103dB

Nivel de recepción del móvil: -103dB

De esta manera se cumple exitosamente el tercer objetivo específico planteado para el proyecto, que da la correlación entre los parámetros técnicos de GSM y la percepción de los usuarios frente al mismo. En seguida se procede a determinar los valores límites de las configuración de los parámetros técnicos.

#### 5.1.4 Esquema general de parámetros técnicos y sus valores límites

En la tabla 5-11, se muestran los valores límites técnicos propuestos según los resultados de las secciones anteriores, para obtener una buena calidad percibida; organizado por el tipo de zona. Así se concluye el cuarto objetivo específico planteado en el anteproyecto.

Características del sitio	Potencia	Tipo de antena	Nivel de RX de la BTS	Nivel de RX del móvil
Zona comercial, con bastantes edificios, mediano flujo vehicular, alta densidad poblacional	58.055	K742211	-103	-104
Alta densidad poblacional, flujo de autos medio.	57	K742211	-103	-104
Campus universitario, alto flujo vehicular, baja densidad de tráfico.	57.6506	K742211	-103	-103

*Tabla 5-10. Esquema general de parámetros técnicos*

Como complemento a los resultados encontrados, se expone en la Tabla 5-10a los valores de umbral de disparo de los KPIs, revelando hasta donde el usuario aun percibe una calidad de voz buena. La forma de determinar los valores de disparo se hace calculando en el periodo de análisis, el promedio del KPI disparado en el sitio que mayor inconformidad genera, que en la mayoría de los casos es el sitio problema.

Valor limite de KPIs para una buena Calidad de servicio de Voz		
KPI	Valor limite Usuario %	Valor limite Red %
TCHDropRate	<1,887968	< 1,0
SDCCHDropRate	<1,387233	<0,7
Handover	>0,909955	>0,97

*Tabla 5-10a. Valores límites de los KPIs. Según la apreciación de los usuarios.*



## 5.2 ANÁLISIS DE CALIDAD PERCIBIDA GENERAL

Se encuestaron un total de 595 personas y más de la mitad de ellas, opinan que el servicio de voz de TIGO tiene buena calidad, otra parte representativa de la muestra, opina que la calidad es muy buena. Se puede afirmar con este resultado, que en las zonas urbanas, la calidad es buena y con la mejora de indicadores, se puede llegar a tener una calidad excelente. Estos resultados se evidencian en la tabla 5-11.

PREG_10 para todos	Cantidad (vr)	Porcentaje %
Excelente	66	11,09%
Muy buena	167	28,07%
Buena	321	53,95%
Aceptable	39	6,55%
Mala	2	0,34%
Encuestas totales	595	100%

Tabla 5-11. Resultados de aceptabilidad general

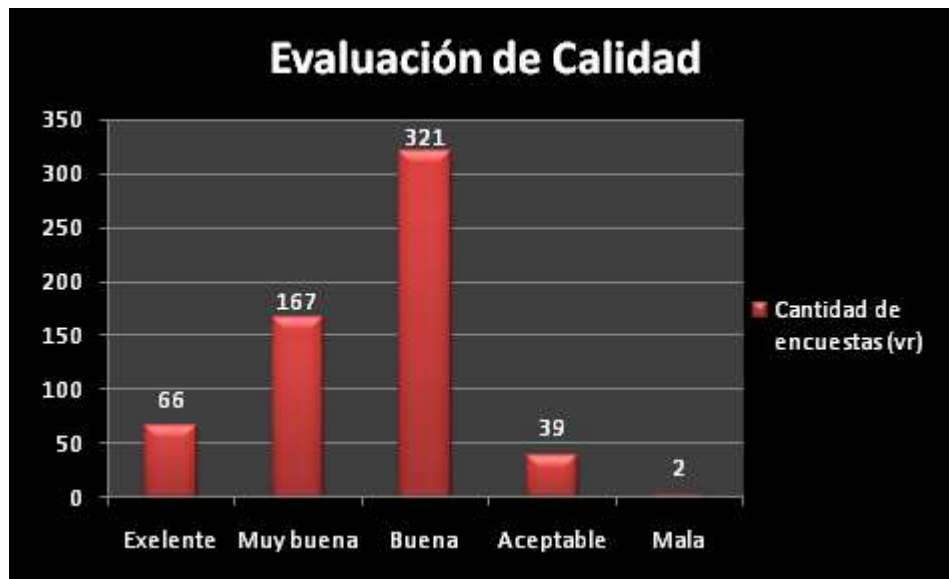


Figura 5-11. Gráfica de barras de resultados de encuestas

Para dar cumplimiento al objetivo cuatro, por la imposibilidad de la varianza de parámetros técnicos en un solo sector, obliga a tomar medidas estrategias en la generación del esquema comparativo de opinión del usuario así:



El punto de partida es el resultado de las 598 encuestas sobre la pregunta 10, realizada en seis sectores diferentes. La pregunta 10: por sus características, admite hacer una cuantificación del nivel de aceptación del usuario y además por estar ligada a un esquema de preguntas de los indicadores de desempeño, también consiente hacer inferencias en los niveles límites de los tres KPIs analizados durante el proyecto.

Se generan 3 niveles 1, 2,3 donde el 1 es el más alto y el 3 es el más bajo.

Nivel 1 = Muy Bueno o Excelente.

Nivel 2 = Bueno.

Nivel 3= Aceptable o Malo

Según lo anterior se genera la tabla mostrada a continuación.

Esquema Comparativo de Opinión del Usuario			
Indicadores de Desempeño			Nivel de Aceptación
TCH_DROP_RATE	SDCCHDropRate	HO	
1,279283333	0,014608933	0,918443967	1
1,887968182	0,019665671	0,85256141	2
3,324433333	0,021504521	0,826449192	3

*Tabla 5-12. Tabla "MOS" de calificación del servicio según los usuarios*

Se considera un nivel aceptable si el usuario tiene una percepción de nivel 2 o 3.

Mientras se realizaron las encuestas en la interacción con la gente, se encontraron los comentarios más destacados mostrados en la tabla 5-13:

LISTA DE COMENTARIOS DESTACADOS	
No coge dentro de la casa, cal0024	En Rozo se cae mucho
Mayor potencia en algunos sectores	En la calle 70 se cae
No contestan en servicio al cliente	Costoso
Entra a buzón sin espera	Buen servicio
Mucha queja sobre el servicio	Mejorar la señal en vehículos
En movimiento se baja el audio	Dar la opción de cambiar de equipo
Mas día TIGO	Muy bueno
Mandan muchos mensajes	En loma se cae
No hay buenos planes post pago	Se cae la señal



---

Servicio muy bueno	No habla en vehículos
Problemas de señal	Es excelente
Ampliar la red	Mas ofertas pos pago
No hay seña dentro del sótano - autónoma	

*Tabla 5-13. Comentarios destacados*

Dentro de las quejas que se escucharon, la más común es que TIGO envía muchos mensajes de promoción y es molesto para mucha gente.

Otro comentario común es que faltan planes post pago y que los prepago, tienen mejores condiciones.

Luego de visitar los 6 lugares elegidos, hablar con la gente y escuchar sus críticas y comentarios, se entiende que los agentes que rodean la buena percepción de las personas sobre el servicio de voz, no solo depende de la excelente configuración y optimización de la red, sino también de la fuerza humana exigida para responder a todas las expectativas no técnicas del servicio.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ En tecnología GSM no es posible hacer reservaciones de recursos de radio para garantizar que a un usuario tenga constantemente un canal disponible y de esa forma no garantiza QoS dedicada.
- ✓ En COLOMBIAMOVIL Cali se aplican todas las técnicas estándares especificadas en la tecnología GSM para la mejora de la calidad de servicio de la red lo que imposibilita analizar el impacto de su modificación.
- ✓ Un profundo análisis previo sobre el portafolio de servicios de TIGO, la infraestructura de red, la percepción del usuario y las necesidades de la compañía y el máximo provecho del proyecto para la sociedad del conocimiento, conllevaron a realizar el estudio sobre el servicio de Voz.
- ✓ Con un grado de confiabilidad de 95% en el estudio de QoE, la probabilidad que tiene el operador para llegar a los parámetros que están involucrados directamente en la satisfacción de usuario, es lo suficientemente alta para tomar decisiones determinantes.
- ✓ La filosofía del modelo SERVQUAL se adapta de manera acertada en la evaluación subjetiva de la apreciación de usuario. A través de la relación entre lo esperado y lo percibido se puede hacer inferencias sobre los parámetros técnicos de la red.
- ✓ Como valor agregado se desarrolló una aplicación robusta, modular e incremental en MS Access™, cuya función se convertiría en la herramienta principal para analizar los contadores de cada KPI para cada sector.
- ✓ Los KPIs estudiados para el servicio de voz son: Handover, SDCCHDropRate, TCHDropRate, que por sus características se aproximan más a lo que el usuario vive en su cotidianidad, al hacer uso del servicio.
- ✓ Para el experimento estadístico, sus elementos fueron diseñados detenida y cuidadosamente bajo la asesoría del director y personas eruditas en las ciencias matemáticas y el área comercial pues un error en la estructura de las encuestas o el orden de realización de ellas puede conllevar a resultados erróneos.
- ✓ Luego de visitar los 6 lugares elegidos, hablar con la gente y escuchar sus críticas y comentarios, se entiende que los agentes que rodean la buena percepción de las personas



sobre el servicio de voz, no solo depende de la excelente configuración y optimización de la red, sino también de la fuerza humana exigida para responder a todas las expectativas no técnicas del servicio.

- ✓ La red puede tener internamente muchos problemas que no siempre van a ser percibidos por el usuario y solo en algunas ocasiones se alcanzan a percibir, las variaciones de parámetros técnicos.
- ✓ El KPI más crítico de los elegidos, es el SDCCHDropRate, ya que sus sitios asociados tienen los porcentajes más bajos de usuarios conformes con el servicio.
- ✓ No siempre los sectores con KPIs disparados, son los que generan inconformidad en los usuarios. Puede darse el caso que sectores donde se reciben muchas quejas, no tengan KPIs disparados.
- ✓ Cuando se analicen problemas de calidad de red, no basta con analizar el KPI. Los contadores deben ser analizados con detenimiento para detectar la falla específica.
- ✓ Los KPIs deben ser establecidos con valores exigentes, de manera que la cantidad de personas que tengan problemas tienda a ser nula o no considerable para la totalidad de usuarios. De esta manera, se logra una buena calidad.
- ✓ La opinión y acercamiento a los usuarios es muy importante, porque permite saber el grado de aceptabilidad real y no solo basado en parámetros técnicos; pues para mejorar una red, no siempre es necesario invertir grandes cantidades de dinero, pues algunas veces puede resultar útil afinar pequeños detalles de lo que se tiene.
- ✓ Cuando se realizan encuestas, se debe interactuar con cada encuestado y lograr que entienda claramente que es lo que se quiere saber. Aunque es difícil, ayuda a eliminar información basura.
- ✓ La sociedad del conocimiento se ve enriquecida grandemente, pues con la presente investigación se hace una inferencia con un margen de error del orden del 5% frente a la correlación de la percepción del usuario y los parámetros técnicos de la red, siendo el primer estudio que se realiza sobre una red comercial actualmente en funcionamiento.
- ✓ Es recomendable hacer las preguntas de la encuesta de manera verbal, porque pueden ser interpretadas erróneamente por los usuarios y conlleva a resultados erróneos.
- ✓ A la hora de encuestar, es importante presentar casos ejemplares de cada pregunta con el fin de que el usuario comprenda que es lo que realmente se quiere saber.





- ✓ La aplicación utilizada para el análisis de KPIs, debe considerar los parámetros y condiciones que la empresa haya venido definiendo para que el criterio y diseño de las herramientas sea uniforme y sus resultados se soporten mutuamente.
- ✓ El desarrollo de trabajos de investigación en convenio colaborativo con empresas, además de aportar a la comunidad investigativa, aporta al desarrollo tecnológico e innovación de la sociedad y permite la aplicación de la teoría a problemas reales.
- ✓ Para la realización de un proyecto de este tipo, es necesario que la parte comercial y técnica, tengan un lenguaje común y se trabajen en conjunto.
- ✓ Las decisiones que tome la empresa en cuanto al tema de calidad percibida, pueden considerar la correlación obtenida en este estudio.

## TRABAJOS FUTUROS

- ✓ Se propone realizar el mismo estudio para el servicio de datos.
- ✓ Analizar más KPIs del servicio de voz.
- ✓ Realizar análisis de nuevos parámetros técnicos, para lo que se necesita más información y herramientas.
- ✓ Realizar el mismo estudio en otra red y obtener una comparación con este proyecto.
- ✓ Realizar análisis de KPIs para otras redes y/o servicios.



## LISTA DE ACRÓNIMOS

<b>2G</b>	2th Generation
<b>3G</b>	3th Generation
<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project
<b>AGCH</b>	Access Grant Channel
<b>AQUINIRH</b>	Attempted Outgoing Intercell Handovers
<b>AssSuccRate</b>	Assignment Success Rate
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BCH</b>	Broadcast Channel
<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>BSC</b>	Base Station Controller
<b>BSS</b>	Base Station System
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station
<b>CAC</b>	Call Admission Control
<b>CBCH</b>	Cell Broadcast Channel
<b>CCCH</b>	Common Control Channel
<b>CCH</b>	Control Channel
<b>CRT</b>	Comisión de Regulación de Telecomunicaciones
<b>CSSR</b>	Call Setup Successful Rate
<b>DCCH</b>	Dedicated Control Channel
<b>DL</b>	Down Link
<b>DM</b>	Disconnect Mode



<b>E2E</b>	End to End
<b>ETSI</b>	European Telecommunication Standards Institute
<b>FACCH</b>	Fast Associated Control Channel
<b>FCCH</b>	Frequency Correction Channel
<b>FER</b>	Frame Error Rate
<b>FR</b>	Full Rate
<b>FTP</b>	Forced Termination Probability
<b>GoS</b>	Grade of Service
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GSM</b>	Global System for Mobile communications
<b>HDLC</b>	High-Level Data Link Control
<b>HR</b>	Half Rate
<b>ImmAssSuccRate</b>	Immediate Assignment Success Rate
<b>IMSI</b>	International Mobile Subscriber Identity
<b>InterCellHOSuccRate</b>	Inter Cell Intra BSC Handover Success Rate
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>KPIs</b>	Key Performance Indicators
<b>La UIT-T</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>MCC</b>	Mobile Country Code
<b>MNC</b>	Mobile Network Code
<b>MOS</b>	Mean Opinion Score
<b>MSC</b>	Mobile Switching Center



<b>NRFLTCH</b>	Number of Lost Radio Links while using a TCH
<b>NSUCCHPC</b>	Successful Immediate Assignments of Signalling Channels
<b>O&amp;M</b>	Operación y Mantenimiento
<b>OSS</b>	Operation and Support System
<b>PCH</b>	Paging Channel
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>PSQM</b>	Perceptual Speech Quality Measure
<b>QoE</b>	Quality of Experience
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RACH</b>	Random Access Channel
<b>SACCH</b>	Slow Associated Control Channel
<b>SCCP</b>	Signaling Connection Control Part
<b>SCH</b>	Synchronization Channel
<b>SDCCH</b>	Stand alone Dedicated Control Channel
<b>SGSN</b>	Serving GPRS Support Node
<b>SLA</b>	Service Level Agreement
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SOUINIRH</b>	Successful Outgoing Intercell Handovers
<b>SS</b>	Switching System
<b>SSSProcSuccRateCStotal</b>	Total SSS Procedures Success Rate related to Call Setups
<b>SUCTCHSE</b>	Successful TCH Seizures
<b>TA</b>	Timing advance
<b>TAM</b>	Technology Adaptation Model



<b>TASSFAIL</b>	Total Number of Assignment Failures
<b>TCH</b>	Traffic Channel
<b>TRAU</b>	Transcoder and Rate Adaptation Unit
<b>TRX</b>	Transmission and Reception
<b>UL</b>	Up Link
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>UNIHIALC</b>	Unsuccessful Internal Handovers Intracell with Loss of MS
<b>VAD</b>	Voice Activity Detector



## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1 : DEFINICIÓN DE QoE, QoS EN REDES GSM Y SU RELACIÓN .....	1
1.1 DEFINICIÓN DE QoS .....	1
1.2 QoS EN REDES GSM .....	2
1.2.1 Accesibilidad a la Red .....	3
1.2.2 Accesibilidad al Servicio .....	3
1.2.3 Integridad del Servicio .....	4
1.3 INDICADORES DE CALIDAD DE SERVICIO .....	5
1.4 ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MEDICIÓN DE QoS .....	6
1.5 DEFINICIÓN DE QoE .....	6
1.6 PERCEPCIÓN DE QoS POR LOS USUARIOS .....	7
1.6.1 QoS en el Establecimiento de la Llamada .....	8
1.6.2 QoS Durante la Conexión .....	8
1.6.3 Monitoreo de QoE Y QoS .....	8
1.8 DIFERENCIA ENTRE LO PERCIBIDO Y LO ESPERADO .....	10
1.9 MODELOS DE EVALUACIÓN DE QoE .....	11
1.9.1 Modelos objetivos .....	11
1.9.2 Modelos Subjetivos .....	12
1.10 MÉTODO SUBJETIVO UTILIZADO .....	12
1.10.1 SERVQUAL .....	12
1.11 RECOMENDACIONES DE LA ITU PARA LA MEDIDA DE CALIDAD .....	13
Capítulo 2 : ESCOGENCIA DEL SERVICIO A ESTUDIAR EN LA RED GSM DE COLOMBIAMOVIL – CALI Y SUS PRINCIPALES KPIs .....	14
2.1 SERVICIO ESCOGIDO .....	14
2.1.1 Justificación .....	15
2.2 KPIs PRINCIPALES PARA EL SERVICIO DE VOZ .....	16
2.3 CANALES DE TRÁFICO, DE CONTROL, INTERFACES Y MENSAJES DE GSM .....	17
2.3.1 Interfaces de GSM .....	18



2.4 ANÁLISIS DE LOS KPIs SELECCIONADOS .....	18
2.4.1 TCHDrop (Number of Dropped TCH Connections).....	19
2.4.2 SDCCH_DROP (Number of dropped SDCCH Connections) .....	22
2.4.3 HANDOVER (HO) .....	23
Capítulo 3 : ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA DE RED GSM Y SU RELACIÓN CON LOS KPIs ESCOGIDOS.....	26
3.1 PARÁMETROS TÉCNICOS.....	26
3.1.1 Potencia del Transmisor .....	27
3.1.2 Tipo de Antena .....	27
3.1.3 Azimut .....	27
3.1.4 Tilt.....	27
3.1.5 Nivel de Recepción o Target Receive Level.....	28
3.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ASOCIADOS A LOS KPIs .....	28
3.2.1 Análisis de TCHDropRate.....	28
3.2.2 Análisis para SDCCH DropRate.....	31
3.2.3 Análisis para Handover .....	35
Capítulo 4 : RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD PERCIBIDA.....	38
4.1 Diseño de experimento estadístico.....	39
4.1.1 Objeto de Investigación .....	41
4.1.2 Unidad de Investigación.....	41
4.1.3 Recolección de Información: .....	41
Capítulo 5 : ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CORRELACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS CON LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO .....	65
5.1 ANÁLISIS DE KPIs .....	65
5.1.1 Análisis para SDCCHDropRate.....	65
5.1.2 Análisis para TCHDropRate .....	72
5.1.3 Análisis para Handover .....	78
5.1.4 Esquema general de parámetros técnicos y sus valores limites.....	87
5.2 ANÁLISIS DE CALIDAD PERCIBIDA GENERAL .....	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	91



---

TRABAJOS FUTUROS .....	93
LISTA DE ACRÓNIMOS .....	94
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Medición de QoE .....	9
Figura 1-2. Diferencia de lo percibido y lo esperado .....	11
Figura 2-1. Canales lógicos y de control .....	18
Figura 2-2. Interfaces de GSM.....	18
Figura 4-1. Ilustración del experimento estadístico .....	40
Figura 4-2. Menú principal de aplicación.....	43
Figura 4-3. Comparación de los sitios alarmados TCHDropRate.....	44
Figura 4-4. Comparación de sitios alarmados SDCCHDropRate .....	45
Figura 4-5. Comparación de los sitios alarmados en Handover .....	46
Figura 4-6. Resultados de KPIs arrojados por el TOP .....	47
Figura 4-7. Comparación de sitios problema y sitios espejo.....	50
Figura 4-8. Comportamiento de tráfico San Nicolás .....	51
Figura 4-9. Comportamiento de SDCCHDropRate San Nicolás.....	52
Figura 4-10. Comportamiento de tráfico Parque Caicedo .....	52
Figura 4-11. Comportamiento de SDCCHDropRate Parque Caicedo.....	53
Figura 4-12. Comportamiento de tráfico La 14 Limonar .....	53
Figura 4-13. Comportamiento de Handover La 14 Limonar.....	54
Figura 4-14. Comportamiento de tráfico San Fernando .....	54
Figura 4-15. Comportamiento de Handover San Fernando.....	55
Figura 4-16. Comportamiento de tráfico Javeriana .....	55
Figura 4-17. Comportamiento de TCHDropRate Javeriana.....	56
Figura 4-18. Comportamiento de tráfico Autónoma.....	57
Figura 4-19. Comportamiento de TCHDropRate Autónoma .....	57
Figura 4-20. Mapa de propagación en la ciudad de Cali.....	61
Figura 4-21. Mapa de mejor servidor en la ciudad de Cali.....	62
Figura 4-22. Encuesta aplicada .....	64
Figura 5-1. Resultados de la pregunta 10 en San Nicolás.....	68
Figura 5-2. Resultados de pregunta 10 en Plaza Caicedo.....	70
Figura 5-3. Comportamiento de contadores para San Nicolás.....	71
Figura 5-4. Resultados de la pregunta 10 en Javeriana .....	74





Figura 5-5. Resultados de la pregunta 10 en Autónoma.....	76
Figura 5-6. Comportamiento de contadores en Javeriana.....	77
Figura 5-7. Relación de contadores para La 14 Limonar.....	82
Figura 5-8. Resultados de la pregunta 10 para La 14 Limonar.....	83
Figura 5-9. Resultados de la pregunta 10 en San Fernando.....	85
Figura 5-10. Relación de contadores para San Fernando.....	86
Figura 5-10a. Valores límites de los KPIs. Según la apreciación de los usuarios.....	867
Figura 5-11. Gráfica de barras de resultados de encuestas.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Causas y mensajes de NRFLTCH.....	29
Tabla 3-2. Parámetros técnicos de NRFLTCH.....	30
Tabla 3-3. Parámetros técnicos asociados a UNIHIALC y UNIHIRLC.....	31
Tabla 3-4. Causas y mensajes de NRCLRREQ.....	32
Tabla 3-5. Parámetros técnicos de NRCLRREQ.....	33
Tabla 3-6. Mensajes y causas de TASSFAIL.....	34
Tabla 3-7. Parámetros técnicos de TASSFAIL.....	35
Tabla 3-8. Causas de SOUINIRH y AOUINIRH.....	36
Tabla 3-9. Nombres de HANDOVER FAILURE según la causa – Tomado de información de contadores de TIGO.....	37
Tabla 3-10. Causas de falla de un handover.....	37
Tabla 4-1. Sitios escogidos.....	48
Tabla 4-2. Comparación de sitios.....	49
Tabla 4-3. Relación de preguntas vs KPIs.....	63
Tabla 5-1. Resultados de encuestas en San Nicolás.....	67
Tabla 5-2. Resultados de las encuestas en Plaza Caicedo.....	69
Tabla 5-3. Relación de parámetros técnicos para SDCCHDropRate.....	71
Tabla 5-4. Resultados de las encuestas en Javeriana.....	73
Tabla 5-5. Resultados de las encuestas en la Autónoma.....	75
Tabla 5-6. Relación de parámetros técnicos para TCHDropRate.....	77
Tabla 5-7. Comparación de características de las antenas utilizadas.....	78
Tabla 5-8. Resultados de las encuestas en La 14 Limonar.....	81
Tabla 5-9. Resultados de las encuestas en San Fernando.....	84
Tabla 5-10. Esquema general de parámetros técnicos.....	87
Tabla 5-11. Resultados de aceptabilidad general.....	88
Tabla 5-12. Tabla "MOS" de calificación del servicio según los usuarios.....	89
Tabla 5-13. Comentarios destacados.....	90



## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A:** TÉCNICAS UTILIZADAS PARA MEJORAR LA CALIDAD EN REDES GSM
- ANEXO B:** ADMINISTRACIÓN DE QoS Y QoE
- ANEXO C:** METODOS SUBJETIVOS MÁS DESTACADOS
- ANEXO D:** GRUPOS DE KPIs PROVEEDOR SIEMENS
- ANEXO E:** GRUPOS DE CONTADORES POVEEDOR SIEMENS
- ANEXO F:** CANALES DE CONTROL Y TRÁFICO DE GSM
- ANEXO G:** DESCRIPCIÓN DE MENSAJES DE LA RED GSM
- ANEXO H:** KPIs ADICIONALES DE ANÁLISIS DE MILLICOM PARA EL SERVICIO DE VOZ.
- ANEXO I:** GRÁFICOS DE COMPARACIÓN DE SITIOS PARA SELECCIÓN DE LOS SECTORES DE ESTUDIO.
- ANEXO J:** CARACTERIZACIÓN DE LOS SITOS ESTUDIO
- ANEXO K:** MAPAS DE PROPAGACIÓN DE LOS SECTORES ESTUDIO
- ANEXO L:** MAPAS DE MEJOR SERVIDOR PARA LOS SITIOS ESTUDIO
- ANEXO M:** RECORRIDO DE ENCUESTAS EN LOS SITIOS ESTUDIO
- ANEXO N:** ENCUESTA APLICADA A LOS USUARIOS TIGO
- ANEXO O:** RESULTADO DE ENCUESTAS



## REFERENCIAS

- [1] Gunnar Heine. "GSM Network:s Protocols, Terminology and Implementation". 1998.
- [2] ETSI (ETS 300 527). "Digital cellular telecommunications system (Phase 2); Handover procedures". 1999.
- [3] CRT. "Informe sectorial de telecomunicaciones No 10". 2008.
- [4] Soldani David, Li Man, Cuny Renaud, "QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems", Agosto 2006.
- [5] Hardy William C., "VoIP Service Quality Measuring and Evaluating Packet-Switched Voice", McGraw-Hill, 2003.
- [6] Afullo Thomas J.O., "Quality Of Service In Telecommunications - The Customer's Perspective" Department of Electrical Engineering, University of Kwazulu-Natal (Wesville Campus), Septiembre 2004.
- [7] L iber al Fidel, Ferro Armando, and Fajardo J.O., "What Quality Means for Internet Users: A Guide to Selecting your ISP", Networking and Services, 2006. ICNS '06. International conference on, 2006.
- [8] Balasubramanian Dushyanth. "QoS in Cellular Networks". 2006.
- [9] Vuckovic Pjer, Stefanovic Telenor Nevena S. y SERBIA. "Quality of Experience of mobile services". IEEE. 2006.
- [10] Saliba Anthony J, Beresford Michael A., Ivanovich Milosh, Fitzpatrick Paul "User-Perceived Quality of Service in Wireless Data Networks" Springer-Verlag London, 2005.
- [11] Ruiz Pedro, García Emilio. "Improving user perceived QoS in mobile and wireless IP networks using real time adaptative multimedia applications". 2002.
- [12] Klmmo Raivio y Pasi Lehtimaki. "Combining Measurement Data and Erlang-B Formula for Blocking Prediction in GSM Networks".
- [13] A. Kajackas, A. Anskaitis, D. Gursnys, L. Pavilanskas. "Estimation of QoS Dynamics in the Wireless Networks". 2005.
- [14] Telefónica, AHCIET. "Las telecomunicaciones y la movilidad en la sociedad de la información".
- [15] A.R, Mishra. " Fundamentals of Cellular Network Planning & Optimisation". 2004.
- [16] Lehtimaki, PASI. "Data analysis methods for cellular network performance optimization". 2008.



- [17] CRT. *Respuestas y comentarios "Condiciones de calidad en servicios de telecomunicaciones"*. 2007.
- [18] Halonen Timo, Romero Javier y Melero Juan. *"GSM GPRS and EDGE performance"*. 2003.
- [19] Ramírez Hernán y Muñoz Tomás. *"Entendiendo GSM"*. PATH. 2008.
- [20] Raitola Mika. *"Quality of service in mobile networks"*. 2002.
- [21] Telecommunications regulatory authority. *"Technical Quality of Service and Key Performance Indicators"*. 2007.
- [22] ETSI. *"QoS parameters specific to Public Land Mobile Networks"*. 2005.
- [23] Ericsson. *"Streaming Quality Measurement With VSQI"*. 2006.
- [24] Nokia. *"Quality of experience (QoE) of mobile services: Can it be measured and improved?"*. Abril de 2006.
- [25] Jiong Sun. *"Algorithms, Architectures and Quality of Experience in Streaming Video"*. 2006.
- [26] Galetzka Michael, Röder Daniel y Finger Adolf. *"Simulation of User-Perceived QoS in Hybrid Broadcast and Telecommunication Networks"*. IEEE. 2006.
- [27] Bellido Triana Luis, *"Contribución a las Metodologías para la Evaluación de la Calidad de Servicio en Redes Heterogéneas"* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2004.
- [28] Tobagi Cristina y Hristea Seibert. *"Assessing the User-Perceived Quality of Packet Voice in Networks with Mobile Users"*. 2006.
- [29] Setayesh Sattari. *"Application of disconfirmation theory on customer satisfaction determination model in mobile telecommunication"*. 2007.
- [30] Laiho Jaana, Wacker Achim y Novosad Tomas. *"Radio Network Planning and Optimization for UMTS"*. 2006.
- [31] Mishap Ajay. *"Advanced cellular network planning and optimisation 2g/2.5g/3g. Evolution to 4G"*. 2007.
- [32] Mahlke Sascha. *"Understanding users' experience of interaction"*. 2006.
- [33] Jain Ramesh, *"Media Vision Quality of Experience"* Georgia Institute of Technology, IEEE Computer Society, 2004.



- [34] Markus Fiedler. "Studies of user-perceived Quality of Service within EuroNGI". 2005.
- [35] Velsen Michaël y Steehouder Lex s Van. "Evaluation of User Support: Factors That Affect User Satisfaction With Helpdesks and Helplines". IEEE. 2007.
- [37]PATH. "Diseño de radio frecuencia de redes GSM". 2008.
- [38] Siemens. "SBS Key Performance Indicators". 2005.
- [39] Siemens. "SBS Counters". 2006.
- [40] Siemens. "SBS Message Flows". 2005.
- [41] ETSI (ETS 300 557). "Digital cellular telecommunications system (Phase 2); Mobile radio interface; Layer 3 specification". 1999.
- [42] ETSI (ETS 300 599). "Digital cellular telecommunications system (Phase 2); Mobile Application Part (MAP) specification". 2000.
- [43] ETSI (ETS 300 590). "Digital cellular telecommunications system (Phase 2); Mobile-services Switching Centre - Base Station System (MSC - BSS) interface; Layer 3 specification". 1998.
- [44] ETSI (ETS 300 596). "Digital cellular telecommunications system (Phase 2); Base Station Controller - Base Transceiver Station (BSC - BTS) interface Layer 3 specification". 1996.
- [45] ETSI (ETS 300 911). "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control"(GSM 05.08 version 6.3.0 Release 1997). 1998.
- [46] Freed Jeffrey H. y Landingham Van Hugh. "Handoff in Cellular Systems". IEEE. 1998.
- [46] PhD. Dinan Esmael, Kurochkin Aleksey. "The Impacts of Antenna Azimuth and Tilt Installation Accuracy on UMTS Network Performance". 2006.
- [47] A. Kajackas, A. Anskaitis, D. Gursnys y L. Pavilanskas. "Estimation of QoS Dynamics in the Wireless Networks". 2005.
- [48] GSM 08.58. "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) Base Station Controller, Base Transiver Station (BSC - BTS) interface; Layer 3 specification" . 1999.
- [49] 3GPP TS 08.08 Versión 8.15.0. "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Mobile services Switching Centre - Base Station System (MSC - BSS) interface. Layer 3 specification". 1999.
- [50] Flores Luis Ambrosio. "Muestreo" Monografías de la ETSI Agrónomos N° 156 . Madrid. 1999.



[51] Moore David, *"Estadística Aplicada BASICA- 2B: edición"*, Publicado por Antoni Bosch editor, 2006.

[52] Ordoñez, Luis Ignacio. *"Curso práctico de estadística"*. 2002.

[53] Casal Jordi y Mateu Enric. *"Tipos de muestreo"*. 2003.

[54] Barreiro Paula L. y Albandoz Justo. *"Población y muestra. Técnicas del muestreo"*. 2001.

[55] Mendenhall, Willim. *"Introducción a la probabilidad y estadística"*