

**OPTIMIZACION DE LA COBERTURA CELULAR PARA LAS ESTACIONES
GSM TERNERA, MATUTE, CLUB CAMPESTRE, TURBACO1 Y TURBACO2 DE
CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A.**

ARNULFO ADRIAN ARNEO CANCIO

RONALD RUIDIAZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES

CARTAGENA

2015

**OPTIMIZACION DE LA COBERTURA CELULAR PARA LAS ESTACIONES
GSM TERNERA, MATUTE, CLUB CAMPESTRE, TURBACO1 Y TURBACO2 DE
CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A.**

ARNULFO ADRIAN ARNEDO CANCIO

RONALD RUIDIAZ RODRIGUEZ

Director

EDUARDO GOMEZ VASQUEZ

Asesor

KALED DAZA

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES

CARTAGENA

2015

NOTA DE ACEPTACION

PRESIDENTE DEL JURADO

Julio 21, 2015

Dedicamos este trabajo integrador a nuestras familias, que nos apoyaron durante en este camino del conocimiento.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	7
JUSTIFICACION	12
FORMULACION	13
1 OBJETIVOS	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2 MARCO TEORICO	15
3 DESARROLLO DEL TRABAJO	36
3.1 DRIVE TEST	36
3.2 PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA EL DRIVE TEST.....	37
3.3 RECORRIDO Y MEDICIÓN	45
3.4 ANALISIS DE LOS DATOS	46
3.4.1 NOKIA ULTRASITE EDGE BTS :	47
3.4.2 ANTENA KATHREIN 742266.....	51
3.4.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DONDE SE PRESENTAN LAS FALLAS DE COBERTURA	54
3.5 ANALISIS DE LAS CONDICIONES DEL TERRRENO.....	58
3.6 ANALISIS DE ANGULOS AZIMUTH EN LAS ESTACIONES QUE TIENEN INFERENCIA EN LA ZONA DE LA FALLA.....	62
3.7 ANALISIS DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A LOS CELL ID QUE PARTICIPAN EN LOS HANDOVERS DURANTE EL RECORRIDO.....	66
3.8 INCIDENCIAS QUE AFECTAN EL SERVICIO ACTUALMENTE	73
3.9 POSIBLES SOLUCIONES MECÁNICAS.....	75
4 CUADRO SINÓPTICO	79
5 LISTADO DE EQUIPOS Y PROGRAMAS USADOS DURANTE EL DESARROLLO DEL TRABAJO INTEGRADOR.....	80
6 CONCLUSION.....	81
7 BIBLIOGRAFÍA.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arquitectura del sistema GSM	16
Figura 2: Elementos de la estación móvil	17
Figura 3: Subsistema de estación base	19
Figura 4: Handover Intracell – Intra BSC	30
Figura 5: Handover Intercell – Intra BSC	30
Figura 6: Handover Inter cell – Inter BSC	31
Figura 7: Handover Inter MSC	31
Figura 8: Nokia UltraSite EDGE BTS.....	48
Figura 9: Configuración BTS.....	50
Figura 10: Ajuste manual del Downtilt	52
Figura 11: Unidad RCU para ajuste del Downtilt	52
Figura 12: Características de antena Kathrein 742266, en la banda de 850 MHz.....	53
Figura 13: Características de la antena Kathrein 742266, en la banda de 1850 MHz	54

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Pantalla inicial del aplicativo RF Signal Tracker Donut.	39
Anexo 2: Configuración Inicial Signal Tracker Donut	40
Anexo 3: Ventana de configuración del modo de muestra del terreno en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	40
Anexo 4: Ventana para configuración del intervalo de actualización del GPS, en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	41
Anexo 5: Ventana para configuración de la distancia de actualización del GPS, en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	41
Anexo 6: Ventana para configuración de la potencia del GPS, en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	42
Anexo 7: Ventana para configuración del formato del reporte a exportar en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	43
Anexo 8: Configuración y activación de los servicios de ubicación en la tableta SAMSUNG.	43
Anexo 9: Configuración y activación de las Redes móviles	44
Anexo 10: Configuración y activación del modo solo GSM en la tableta SAMSUNG.	44
Anexo 11: Visualización del archivo KML, exportado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	46
Anexo 12: Visualización del archivo CSV, exportado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut.	46
Anexo 13: Fragmento del archivo plano CSV, generado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut, en el cual se visualiza la perdida de llamada en el sentido Cartagena-Turbaco. ...	55
Anexo 14: Visualización en Google Earth de la localización geográfica de la zona donde se presenta la pérdida de llamada en el sentido Cartagena-Turbaco.	56
Anexo 15: Fragmento del archivo plano CSV, generado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut, en el cual se visualiza la perdida de llamada en el sentido Turbaco-Cartagena. ...	57
Anexo 16: Visualización en Google Earth de la localización geográfica de la zona donde se presenta la pérdida de llamada en el sentido Turbaco-Cartagena.	57
Anexo 17: Perfil Orográfico del terreno comprendido entre la estación Turbaco 1 y la zona donde existe perdida de cobertura.	58
Anexo 18: Perfil Orográfico del terreno comprendido entre la estación Matute y la zona donde existe perdida de cobertura.	59
Anexo 19: Perfil Orográfico del terreno comprendido entre la estación Club Campestre y la zona donde existe perdida de cobertura.	61
Anexo 20: Gráfico de la dirección de los lóbulos de las antenas ubicadas en la estación Turbaco 1 Vs la ubicación de la zona de no cobertura en el sentido Cartagena-Turbaco.	63
Anexo 21: Datos de las Cell ID, instaladas en la estación Turbaco 1	64

Anexo 22: Gráfico de la dirección de los lóbulos de las antenas ubicadas en la estación Turbaco 1 Vs la ubicación de la zona de no cobertura en el sentido Turbaco-Cartagena.	64
Anexo 23: Gráfico de la dirección de los lóbulos de las antenas ubicadas en la estación Matute Vs la ubicación de la zona de no cobertura en el sentido Turbaco-Cartagena.	65
Anexo 24: Datos de las Cell ID, instaladas en la estación Matute	66
Anexo 25: Canales de operación CLARO Soluciones Móviles S.A., en la banda 850 MHz.	67
Anexo 26: Frecuencias de los canales de control banda de 850 MHz.....	67
Anexo 27: Frecuencias de los canales de tráfico banda de 850 MHz.....	68
Anexo 28: Canales de operación CLARO Soluciones Móviles S.A., en la banda 1900 MHz.	69
Anexo 29: Frecuencias de los canales de control banda de 1900 MHz	69
Anexo 30: Frecuencias de los canales de tráfico banda de 1900 MHz.....	70
Anexo 31: Fragmento de los handover realizados, en el drive test sentido Cartagena-Turbaco.....	71
Anexo 32: Fragmento de los handover realizados, en el drive test sentido Turbaco-Cartagena.....	72
Anexo 33: Haz estación Bol.Turbaco_1 2	75
Anexo 34: Gráfico análisis del terreno estación Bol. Matute A.....	76
Anexo 35: Haz estación Bol. Matute A	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Incidencias por cada BTS	74
---	----

INTRODUCCION

Una de las herramientas más importantes que existen en el mundo actual son las telecomunicaciones, esta área ha evolucionado a través del paso de los años, ofreciendo cada vez más alternativas que facilitan a muchas personas el desempeño de labores de cualquier tipo, tanto en el hogar como en los negocios.

El aumento de los servicios brindados, la disponibilidad, confiabilidad, seguridad y conectividad; convierten a las telecomunicaciones en un satisfactor de necesidades cotidianas para un gran número de habitantes, entidades y corporaciones en el mundo lo que obliga a las empresas operadoras de los servicios de telecomunicaciones estar a la vanguardia en las tecnologías y servicios ofrecidos a los usuarios. Uno de los servicios de mayor desarrollo y crecimiento en la actualidad son las comunicaciones móviles; debido a que existe gran demanda de estos servicios por parte de las comunidades en los diferentes países.

En Colombia existen tres operadores de telefonía y servicios móviles los cuales compiten diariamente para ganar suscriptores y adeptos a los servicios ofertados, por esto es de gran importancia contar con una infraestructura robusta, confiable y que brinde la cobertura necesaria para que el usuario pueda acceder a los servicios que contrata en el momento y lugar que lo desee.

CLARO Comunicaciones Móviles S.A., es el operador líder en el mercado colombiano con aproximadamente un 61.34% de los abonados existentes en el país; para el caso del departamento de Bolívar más exactamente en el municipio de Turbaco, la empresa CLARO cuenta con cinco estaciones de transmisión celular GSM (Estación Ternera, Estación Club Campestre, Estación Matute, Estación Turbaco 1 y Estación Turbaco 2). Con la cuales brinda y presta los servicios de telefonía y datos móviles a este municipio. Hoy en día existen varios puntos ubicados en la vía principal de entrada y salida de este municipio, donde se presentan fallas de cobertura lo que origina perdidas y caídas de llamadas en dichos puntos afectando de esta forma a los usuarios de los servicios CLARO que transitan por esta zona, razón por la cual se hace necesaria la optimización de la red celular GSM, que permita subsanar los inconvenientes de cobertura que se presentan actualmente.

JUSTIFICACION

Debido al gran problema de fallas de cobertura que origina pérdidas y caídas de llamadas entre Cartagena y Turbaco, se realizaron análisis y estudios exhaustivos con la finalidad de optimizar la señal de las llamadas en esa zona y ampliar la cobertura, para mejorar los inconvenientes presentados actualmente.

FORMULACION

¿Cómo optimizar una red de telefonía celular GSM, a fin de brindar una mejor cobertura en el servicio y cumplir con la demanda de los usuarios?

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general:

Evaluar el desempeño de la red de telefonía móvil GSM de CLARO, en las zonas comprendidas entre el barrio el Rodeo y la entrada al matadero en el municipio de Turbaco, con el fin de proponer una solución que optimice la cobertura en estas zonas.

1.2 Objetivos específicos:

- Realizar pruebas de cobertura de las estaciones definidas.
- Analizar los resultados obtenidos en las pruebas, de tal manera que se pueda establecer la solución más apropiada para la red GSM en estudio.
- Proponer las posibles soluciones que permitan optimizar la cobertura celular de la red GSM, en la zona comprendida desde el barrio el Rodeo hasta la entrada al matadero.

2 MARCO TEORICO

REDES CELULARES

Es una red formada por celdas las cuales se usan con el fin de cubrir diferentes áreas para brindar servicios de telefonía a cierta zona geográfica, cada una de estas celdas tiene una estación base la cual se encarga de transmitir y recibir información.

TELEFONÍA MÓVIL

Es una forma de comunicación donde dos o más personas pueden participar, esta comunicación por se efectúa vía radio, lo importante es que en este tipo de comunicación los participantes se pueden desplazar libremente durante la conexión. Esta consta de dos partes; la red de telefonía móvil y los teléfonos móviles.

TELÉFONO MÓVIL CELULAR

El teléfono móvil, es aquel que es usado por los usuarios de la telefonía móvil como terminal de conexión a la Red GSM, como su nombre lo indica permite movimiento continuo y sin embargo puede ser localizado para establecer comunicación a través de la red celular.

GSM (Global System For Global Communications)

Es el sistema global para las comunicaciones móviles, el cual usa la radio frecuencia para la comunicación y es un sistema estandarizado a nivel mundial. Tiene como ventaja la posibilidad de hacer roaming internacional la cual permite la posibilidad de mantener el mismo número de teléfono en 159 países, es un sistema compatible con la mayoría de las tecnologías de interconexión existentes. Con esta tecnología se empezó a usar la tarjeta SIM (Modulo de Identidad del Suscriptor) la cual contiene toda la información del suscriptor como las redes y servicios asociados, identificación de usuario e información de seguridad, etc.

Se compone de 4 bloques o subsistemas:

- La estación móvil (MS).
- El subsistema de estación base (BSS).
- El subsistema de conmutación y red (NSS).
- El subsistema de operación y mantenimiento (MNS).

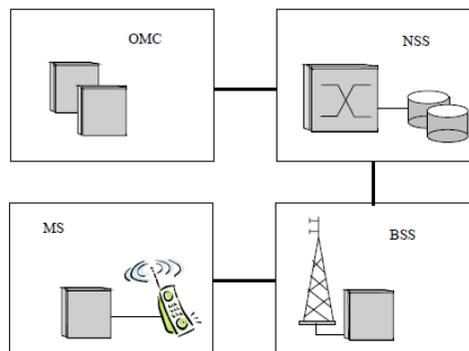


Figura 1: Arquitectura del sistema GSM

LA ESTACIÓN MÓVIL (MS): se compone de un terminal móvil, un adaptador móvil, un equipo terminal y una SIM (Subscriber Identity Module).

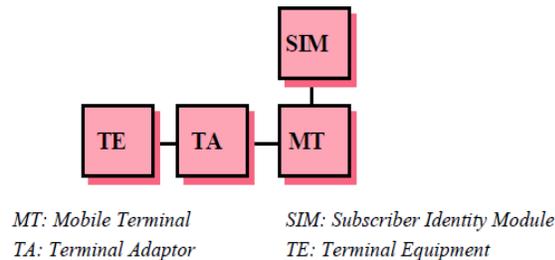


Figura 2: Elementos de la estación móvil

Las funciones que realiza el subsistema de estación móvil son básicamente las de acceso a la red GSM a través del interfaz radio y la disposición de un interfaz de usuario.

TERMINAL MÓVIL (MT)

Para que el terminal móvil sea operativo debe incluir una tarjeta SIM, módulo de identidad del abonado; de lo contrario, sólo se pueden realizar llamadas de emergencia al no poder ser tarifadas el resto de llamadas. Según las especificaciones GSM, se definen diferentes tipos de terminal móvil según la máxima potencia de emisión, aunque esta clasificación ha quedado en desuso al ser la inmensa mayoría de teléfonos móviles, teléfonos de bolsillo. Esta

interpretación de las especificaciones cobraba sentido cuando existían teléfonos portátiles, teléfonos para equipamiento de vehículos, etc.

Módulo de identidad del abonado (SIM)

La tarjeta SIM es una tarjeta inteligente que contiene diferentes tipos de información. Información permanente relativa al abonado del servicio, información temporal de utilidad para el funcionamiento del servicio, así como información introducida por el propio abonado. Existen dos clases de tarjeta SIM según el tamaño: SIM del tamaño de una tarjeta de crédito y las SIM llamadas *plug-in SIM* de 25 mm x 15 mm para teléfonos de menor tamaño. Las SIM del tamaño de una tarjeta de crédito han quedado prácticamente en desuso.

La tarjeta SIM contiene entre otras informaciones dos números de seguridad para evitar usos indebidos, el PIN (*Personal Identity Number*) y el PUK (*Personal Unblocking Key*). Antes de que el terminal móvil pueda ser utilizado, el usuario debe introducir su número de identificación personal (PIN), que consta de cuatro dígitos y se almacena en la tarjeta. Si se introduce el PIN erróneamente tres veces seguidas, la tarjeta se bloquea y no puede ser utilizada hasta desbloquearla. Para ello se debe introducir una clave de desbloqueo personal (PUK) que consta de ocho dígitos.

Subsistema BSS: Este subsistema contiene toda la infraestructura específica de los aspectos de radio del sistema GSM, se compone de las BTS's (Estaciones base de transmisión y recepción) y las BSC (controladora de estaciones base).

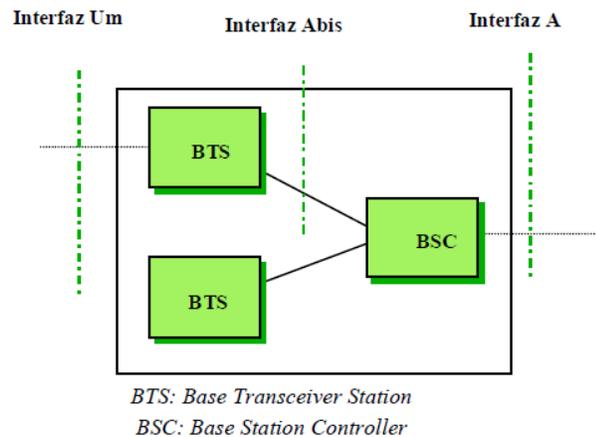


Figura 3: Subsistema de estación base

BTS (Estación Base De Transmisión Y Recepción)

Es la parte de la BSS que contiene la transmisión y recepción de radio, incluyendo las antenas, a su vez se encarga de la conformación de la señal, la transmisión vía radio, la recuperación de la señal de radio recibida, además del procesamiento digital de la señal, codificación del canal, etc. Una BTS se compone de entre uno y doce Transceptores (TRX), los cuales operan en las frecuencias GSM que el operador tenga asignadas.

La BTS, normalmente se ubica en el centro geográfico de la celda y la potencia máxima emitida determina el tamaño máximo de esta. Las BTS van conectadas a una estación base controladora llamada BSC.

Una BTS se compone generalmente de las siguientes partes:

UNIDADES TRANSCECTORAS

Transceptor RF de la unidad (TRX RF): Realiza la modulación / demodulación y la amplificación por una portadora de RF para manejar señales de enlace ascendente y de enlace descendente desde la estación móvil (MS) a la BTS.

La unidad TRX RF contiene:

- un transmisor
- un receptor principal
- un receptor de diversidad

Transmisor-receptor de banda base de la unidad (TRX BB): es un tablero de procesamiento de señal digital, que consiste en dos módulos independientes de banda base. Cada módulo funciona de manera independiente de su propia unidad de GSM / EDGE TRX RF. Una de las unidades de transmisión de banda base también controla el salto de frecuencia.

UNIDADES DUPLEX / DIPLEX

Unidad dúplex Dual: Realiza la labor de un duplexor de señales de TX y RX a través de una antena común. También proporciona filtrado y amplificación para la principal y diversidad recibir señales antes de que se alimenten las unidades TRX RF utilizando el Multi-acoplador receptor. La unidad contiene un amplificador de bajo ruido (LNA) de ganancia variable para la amplificación óptima de la señal de recepción. El LNA de alta ganancia se fija y se utiliza sin el Preamplificador Master (MHA). El LNA de baja ganancia es variable y se utiliza sólo con la unidad de MHA, el LNA de baja ganancia se ajusta de acuerdo a los valores de atenuación de antena de cable.

Banda Dual unidad diplex: La unidad de banda diplex Dual combina las salidas de GSM / EDGE 900 y 1800, en un alimentador de la antena. La unidad de banda dual diplex está montada en la parte superior del armario BTS.

Combinador de banda ancha: El CMB combina dos salidas del transmisor RF TRX en una sola.

Combinador remoto tune: El RTC combina hasta seis salidas TRX en una sola antena. También utiliza el receptor multiacoplador para filtrar y amplificar las

principales y la diversidad de recepción (RX) señales antes de que se alimenten a las unidades TRX RF.

Contiene un LNA de ganancia variable que se utiliza para la amplificación óptima de la señal de recepción. El LNA de alta ganancia se fija y se utiliza sin la unidad opcional de MHA. El LNA baja ganancia es variable y se utiliza sólo con la unidad de MHA. El LNA baja ganancia se ajusta de acuerdo a los valores de atenuación de antena de cable, tiene una unidad dúplex incorporada además tiene versiones de sub-bandas y banda completa disponibles, como la Unidad Dual Duplex (DDU).

Multiacopladores receptor: La unidad de recepción Multiacoplador (RMU) distribuye señales RX a las unidades TRX RF. La unidad de 2-forma se utiliza en la mayoría de WBC o la combinación de configuraciones de bypass. La unidad de 6 vías se utiliza siempre con la unidad RTC y algunas configuraciones del CMB. Una unidad realiza la división de señal para ambas ramas principales y la diversidad.

Unidad VSWR: Proporciona alimentación de corriente continua a la unidad MHA mediante un cable RF. El monitoreo VSWR sistemáticamente se comprueba la condición de la línea de antena y emite una alarma si la VSWR (Voltage Standing Wave Ratio).

Unidades de Transmisión: La unidad de transmisión conecta las BTS, con otras BTS u otros elementos de la RED GSM, por ejemplo las BSC, esta se interconecta a través de diferentes medios, tales como; radio enlace, E1/T1, fibra óptica.

Radio-enlace de transmisión: Esta es la unidad de transmisión de radio-enlace para la BTS, esta admite conexiones de (cable coaxial), cada uno a 16 x 2 Mbit / seg. La unidad de transmisión opera como un repetidor e interconecta la BTS con la BSC.

BSC (Estación Base Controladora): Se encarga de administrar los recursos radio mediante el comando remoto de la BTS, su función consiste básicamente en la asignación y liberación de los canales de radio así como la gestión del traspaso de llamada cuando este se produce entre estaciones bases dependientes de la misma BSC. También se encarga del cifrado de la comunicación y la ejecución de los algoritmos de transmisión discontinua, mediante la detección de los periodos de actividad y silencio de las comunicaciones.

Las BSC está conectada por un lado a varias BTS, controlando los recursos de todas ellas, y por otro con un elemento de conmutación MSC(Mobile Switching Center) para el encaminamiento de las llamadas hacia la red. La unidad BSC es el elemento supervisor del mantenimiento de las comunicaciones móviles. Así, la terminal móvil y BTS informan periódicamente a la BSC de la potencia de señal

recibida sobre la comunicación. Del mismo modo, el terminal móvil informa de la potencia recibida de las estaciones base adyacentes, de forma que la unidad BSC decide el momento de ejecutar un traspaso de llamada en función de unos criterios preestablecidos.

Subsistema de red y conmutación NSS: Este se encarga de las funciones de conmutación y encaminamiento de las llamadas en el sistema GSM,, a su vez se encarga de la gestión de las bases de datos que contienen la información relacionada con todos los abonados (usuarios) del servicio. El NSS se encarga de establecer la comunicación entre usuarios móviles mediante la conmutación interna de red de un operador o entre usuarios del sistema GSM y usuarios de otras redes de telefonía, ya sea de telefonía fija o de telefonía móvil de otros operadores, esto lo hace a través de la MSC (que se encarga de la conmutación interna) y la GMSC (que se encarga de la conmutación hacia redes diferentes).

La gestión de los datos del usuario se hace a través del HLR (Home Location Register) y el VLR, el HLR es el registro central de abonados, el cual cuenta con la información que hace referencia a los usuarios y abonados de los operadores GSM, en este se almacenan datos permanentes y datos temporales, los permanentes se tratan de la información de la terminal móvil, los servicios contratados por el abonado, mientras que los temporales hacen referencia a los

datos tarificación, información de localización del móvil, llaves o contraseñas de autenticación, entre otras.

Por otro lado el VLR, es una semicopia del HLR, donde se maneja básicamente la ubicación o localización momentánea del móvil.

MSC (Centro de Conmutación de Servicios Móviles)

Es un elemento de las redes de comunicaciones móviles GSM que tiene como función interconectar usuarios de la red fija con la red móvil, o usuarios de la red móvil entre sí. Al mismo tiempo mantiene las bases de datos para tratar las peticiones de llamada de los clientes.¹

Subsistema de operación y mantenimiento (OSS): Este se encarga de la supervisión de la operatividad de las red GSM, además del monitoreo y la solución de problemas y fallos.

El interfaz de radio en GSM: Um; es la interfaz de interconexión entre las terminales móviles y la red GSM. Las bandas de operación del sistema GSM son la de 900 MHz y la banda de 1800 MHz; la banda GSM-900, ocupa un ancho de banda de 50 MHz, 25 MHz para el canal de subida (del terminal móvil a la estación base) y 25 MHz para el canal de bajada (de la estación base al terminal

¹ www.wikitel.info

móvil). Para el caso de la DCS-1800 se usa un ancho de banda de 150 MHz, 75 MHz, para cada sentido.

El ancho de banda de cada sentido para el GSM-900 (25 MHz), se subdivide en 124 canales de 200 KHz, de los cuales solo se utilizan 122, debido al tipo de modulación utilizada; estos 122 canales se dividen a su vez en 8 slots cada uno, lo que se traduce en 976 canales lógicos.

Funcionamiento del sistema GSM: El sistema GSM, al igual que los demás sistemas celulares de segunda generación sigue la realización de unas funcionalidades comunes como; el traspaso de llamada entre celdas, la localización de un terminal móvil para el establecimiento de una llamada dirigida hacia éste, el acceso a la red por parte del terminal móvil para solicitar un canal de señalización, etc.; las anteriores funcionalidades se clasifican en tres grupos de gestión del sistema; el sistema de gestión de los recursos de radio, el sistema de gestión de la movilidad y el plano de gestión de la comunicación.

Plano de gestión de los recursos de radio: se encarga de la administración del recurso de canales limitados de radio, estos son asignado cuando existe una llamada y luego liberados cuando esta termina para que pueda ser usado por otros usuarios que lo soliciten.

Plano de gestión de la movilidad: Se encarga de los procedimientos de localización y seguimiento de las terminales móviles con el fin de que se pueda establecer un enlace de comunicación con ellos en cualquier momento.

Plano de gestión de la comunicación: se encarga de la señalización, el proceso de tarificación, establecimiento de llamadas y posterior terminación.

TRANSCODER

El Transcoder lleva a cabo la adaptación entre la tasa de transmisión del terminal móvil (16 Kbps) y la tasa de transmisión de la señal de voz codificada (64 kbps) para su transporte por redes telefónicas de conmutación digital convencionales. Este se puede ubicar indistintamente en los elementos BTS, BSC o MSC.

ANTENAS DE RADIO FRECUENCIA

La antena es el dispositivo destinado a emitir y a recibir o captar las ondas electromagnéticas. Aunque desde un punto de vista funcional las antenas receptoras son iguales que las emisoras, en la práctica presentan algunas ligeras diferencias:

- Una **antena emisora** emitirá señales de una sola frecuencia o de un ancho de banda muy reducido y a una potencia suficientemente grande para que

la señal sea captada en el destino deseado, que se puede encontrar a decenas o a miles de kilómetros de distancia. Esto implica que su estructura ha de ser suficientemente grande como para permitir que circulen grandes corrientes o tensiones eléctricas.

- Las **antenas receptoras** reciben señales de muchas frecuencias, por lo que su ancho de banda de recepción debe ser mucho más amplio. Además, estas señales son normalmente muy débiles, por lo que han de ser posteriormente amplificadas.²

TILT

El Tilt representa la inclinación, o ángulo que se le da a la antena en relación con el eje. Existen dos tipos de Tilt:

- Mecánico, es la inclinación que se le da a la antena manualmente.
- Eléctrico, permite ajustar la inclinación de la antena remotamente.

AZIMUT

Es el punto o el ángulo donde se debe fijar el eje de la antena en el plano horizontal

² www.kalipedia.com

ZONA DE TRASLAPPE

Es la zona que existe entre una celda y otra en la cual se realiza el handover o el traspaso de una BTS a otra.

HANDOVER

Se usa debido a razones de tráfico, Cuando la capacidad de una celda se aproxima a su máximo, la estación móvil puede entregar el tráfico a celdas vecinas con menor carga. La MSC se encarga de este proceso.

Handover debido a la calidad y potencia de la señal se pueden presentar varios casos:

- Cuando el abonado está en movimiento durante una llamada, esta puede viajar de una celda a otra.
- Los recursos de frecuencia de la celda anterior no se pueden reutilizar.
- La estación móvil es entregada a la nueva celda.
- La BSC, controla la celda actual y toma la decisión de realizar el HANDOVER más conveniente.

Hay cuatro tipos de este HANDOVER:

- **INTRA CELL - INTRA BSC HANDOVER:** se realiza handover dentro de la misma BTS pero cambiando de canal

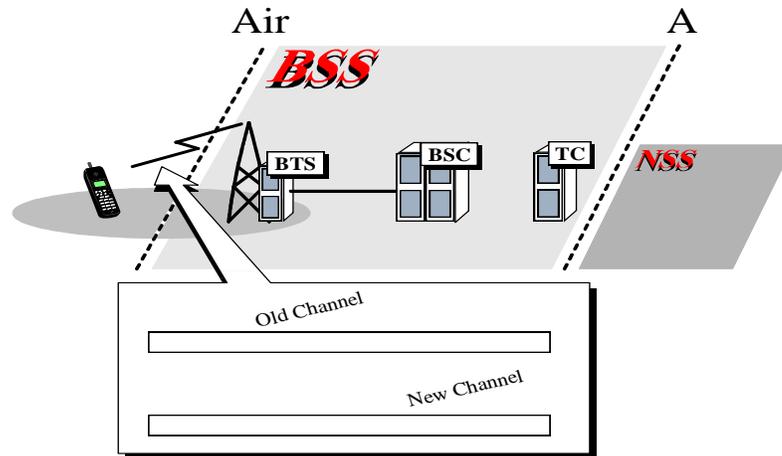


Figura 4: Handover Intracell – Intra BSC

- **INTER CELL - INTRA BSC HANDOVER:** se realiza el handover entre celdas pero dentro de la misma BSC

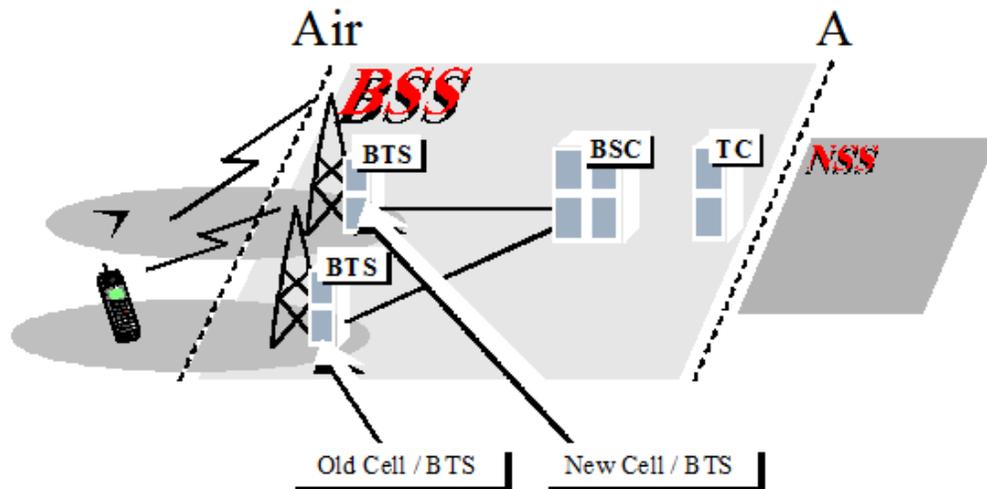


Figura 5: Handover Inter-cell – Intra BSC

- **INTER CELL - INTER BSC HANDOVER:** se realiza el handover entre BTS de diferentes BSC

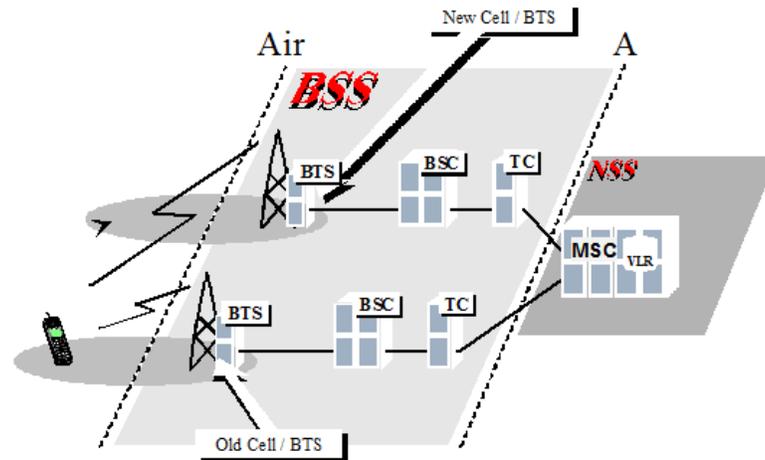


Figura 6: Handover Inter cell – Inter BSC

- **INTER MSC HANDOVER:** se realiza el handover entre MSC

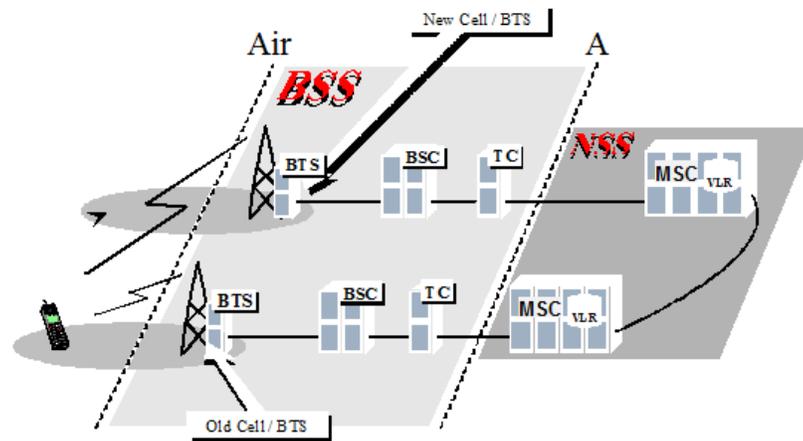


Figura 7: Handover Inter MSC

Canales lógicos en GSM

Los canales radio asignados a cada estación base se subdividen entre canales de tráfico y canales de control. Los canales de tráfico son los utilizados para el transporte de las comunicaciones de los usuarios, mientras que los canales de control son empleados para gestionar el funcionamiento del sistema GSM.

El sistema GSM es un sistema con duplexado en frecuencia de tal manera que un canal de tráfico en el enlace descendente de la comunicación tiene su simétrico en el enlace ascendente para el otro sentido de la comunicación. Para los canales de control el enlace descendente es utilizado para transmitir información de utilidad al conjunto de los terminales móviles, es por ello que en ocasiones se les denomina canales de control comunes. El enlace ascendente es utilizado por los terminales móviles para acceder a la red.

Canales lógicos de control: Los canales de control del enlace descendente son: FCCH, SCH, BCCH y PAGCH. El canal de control del enlace ascendente es el **RACH**.

El FCCH (Frequency Correction Channel): Es un canal de difusión utilizada por las estaciones base GSM. Proporciona un tono único de 67,7 kHz para las

estaciones móviles. Este tono se utiliza para sincronizar el reloj local del receptor móvil con la estación base. Esto es necesario para extraer correctamente los datos.

El SCH (Synchronization Channel): Es un canal de difusión de enlace descendente de las estaciones base de una red GSM. El SCH proporciona información a las estaciones móviles necesarias para buscar las estaciones de base, identificarlos y sincronizar con ellos. En este canal es donde se transmiten los contadores de tramas a diferente nivel al objeto de que el terminal móvil conozca la secuencia temporal de emisión de información del BCCH y PAGCH. Es utilizado por el terminal móvil en recepción para la sincronización de trama y así conocer el tipo de información transmitida en cada time slot. También se emite el código BSIC (Base Station Identity Code) de identificación de la estación base para su distinción sobre otras estaciones base que estén transmitiendo los canales de control sobre la misma frecuencia guía. Además es el identificador de la secuencia de ecualización que debe utilizar el terminal móvil en recepción.³

El BCCH (BroadCast Control Channel): Es un canal de difusión lógico utilizado por la estación base en una red GSM para enviar información acerca de la identidad de la red. Esta información es utilizada por una estación móvil para obtener acceso a la red.

³ COMUNICACIONES MÓVILES, Mónica Gorricho Moreno-Juan Luis Gorricho Moreno.

Esta información incluye el Código de Red Móvil (MNC), el código de área Ubicación (LAC) y una lista de frecuencias utilizadas por las celdas de vecinos que es (BA: Lista de asignación BCCH).⁴

El PAGCH (Paging and Access Granted Channel): Son dos canales de control en uno. El canal de Paging (PCH) o búsqueda es utilizado para enviar los mensajes de búsqueda hacia móviles que pretenden ser localizados por la red para conocer exactamente en qué celda se encuentran. El canal de Access Granted (AGCH) o acceso reconocido es utilizado para dar respuesta a una petición de acceso previamente realizada por un terminal móvil a través del canal común RACH, indicándole el canal de señalización asignado para que el terminal móvil continúe el diálogo con la red.³

El RACH (Random Access Channel): es el canal de acceso común de los terminales móviles hacia la red para realizar una petición de un canal dedicado a uso exclusivo para el terminal móvil.³

Canales lógicos de tráfico: Los canales de tráfico son utilizados para la transmisión de información y señalización de usuario, éstos son: TCH/F, TCH/H, SACCH, FACCH y SDCCH. A diferencia de los canales de control, pueden ocupar

⁴ <http://www.telecomabc.com/b/bcch.html>

cualquier *time slot* y son bidireccionales, ya que se utilizan en ambos sentidos de la comunicación para el mismo propósito.

3 DESARROLLO DEL TRABAJO

El desarrollo del trabajo consiste en identificar las zonas en las cuales se presentan las pérdidas y caídas de llamadas en la vía principal del municipio de Turbaco y su vez conocer y analizar las diferentes incidencias que pueden estar ocasionando estas fallas. Para poder alcanzar este objetivo se hace necesario realizar pruebas de medición a lo largo de toda la zona, analizar las características del terreno, así como analizar cada uno de los datos obtenidos a través de diferentes herramientas de simulación; con el fin último de proponer soluciones reales que permitan subsanar los inconvenientes presentados.

3.1 DRIVE TEST

Es una prueba de medición de señal, la cual se realiza en una zona delimitada con el fin de evaluar si existen fallas de cobertura o pérdida de llamadas en dicha área. Esta prueba se hace con equipos que constan de un GPS que muestre la ubicación actual del equipo de monitoreo y hacer seguimiento a los parámetros de intensidad de la señal de radio frecuencia, así como a los lugares y puntos de acceso al servicio celular, de igual forma describe la zona de cobertura de las celdas de transmisión y recepción e identifica los puntos de transferencia (Handover).

El Drive Test se puede hacer en modo IDLE (sin llamada) , el cual sirve para analizar los saltos del terminal móvil de una estación a otra ,con el fin de visualizar si existen sombras o cruces de frecuencias en el área escogida, también se puede hacer en modo OFFHOOK (con llamada), en este caso la finalidad es verificar el manteamiento de la llamada durante todo el recorrido, para así determinar si existen perdidas de llamada y de esta manera conocer los puntos exactos donde se presentan las fallas en la cobertura de la red, ya sea por falta de potencia en la intensidad de la señal, por problemas en la ubicación de las antenas o por fallas a nivel de la distribución de las frecuencias en cada una de las celdas adyacentes.

3.2 PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA EL DRIVE TEST

Para la realización de las pruebas de ruta o drive test se utilizó un GPS marca Garmin, un equipo móvil SAMSUGM SIII Mini y una Tablet SAMSUMG NOTE 10.1 3G, ambos con sistema operativo Android; el equipo SAMSUMG SIII Mini se usó como un enrutador que brindaba conexión WiFi e Internet a la Tablet, además se usó la App gratuita para Android ***RF Signal Tracker Donut***, la cual permite observar el comportamiento de la cobertura de la red, mostrando el recorrido que va haciendo el terminal móvil a lo largo de la zona escogida de igual forma muestra los Handover que se presentan a medida que se va avanzando, esta aplicación muestra también la información básica de cada una de las BTS en el

tramo objeto del estudio; el procedimiento que se siguió para la realización de esta prueba fue el siguiente:

Paso 1:

Se hizo un listado de las estaciones GSM ubicadas en el área objeto de estudio con el fin de hacer un seguimiento que permitiera verificar el estado de la cobertura de red en el tramo escogido, estas estaciones fueron (Ternera, Club Campestre, Matute, Turbaco 1 y Turbaco 2), en este listado se incluyó todos los Cell ID de cada una de las BTS instaladas, Nombre de la BTS, ubicación geográfica de las BTS y los LAC para cada una de ellas.

Paso 2:

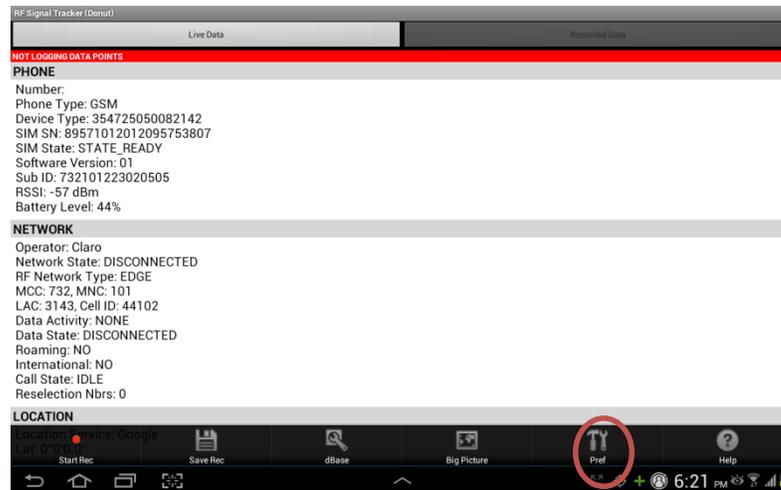
Se delimitó el área donde se llevó a cabo la prueba de ruta (desde el barrio el Rodeo hasta la entrada al matadero en el municipio de Turbaco).

Paso 3:

Se configuró el aplicativo RF Signal Tracker Donut, en el equipo móvil Android (Tablet SAMSUNG) de la siguiente manera:

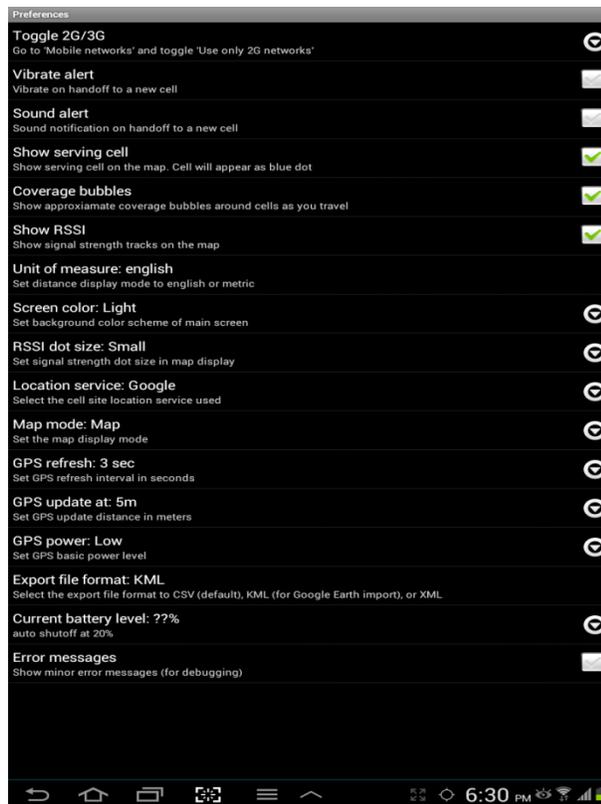
- 1- Luego de la instalación a través de Google Play, se ingresa al aplicativo RF Signal Tracker Donut, y en la pantalla inicial aparecen los datos básicos de la BTS en la cual se encuentra ubicado el móvil en ese instante, como el tipo de red, intensidad de la señal, operador de la red, MCC, LAC, Cell ID,

estado de la llamada, así como todos los datos de la ubicación (longitud y latitud) del equipo y la BTS a la cual esta enlazado en ese momento.



Anexo 1: Pantalla inicial del aplicativo RF Signal Tracker Donut.

- 2- Se pulsa el botón Pref, y aparece la pantalla que se muestra a continuación, en la cual se configuran todos los parámetros del GPS, Formato de entrega de reportes, modo del mapa, entre otras.



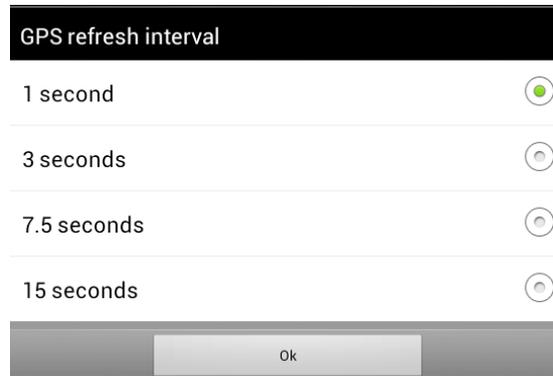
Anexo 2: Configuración Inicial Signal Tracker Donut

- 3- En la opción “Map Mode”, se configura el modo en que se mostrará el terreno durante el recorrido, para este caso se tomó el modo Map, el cual toma la base cartográfica de Google Maps, la otra opción es el modo vista desde satélite.



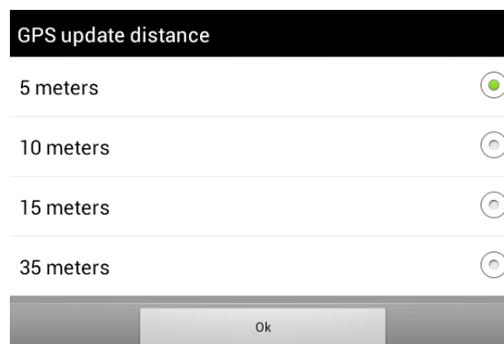
Anexo 3: Ventana de configuración del modo de muestra del terreno en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.

- 4- En la opción “GPS Refresh” se procede a configurar el intervalo de tiempo de actualización del GPS, para el caso del DRIVE TEST, que se realizó en este estudio se tomó un tiempo de actualización de 1 segundo, con el fin de mantener la ubicación del móvil lo más actualizada posible.



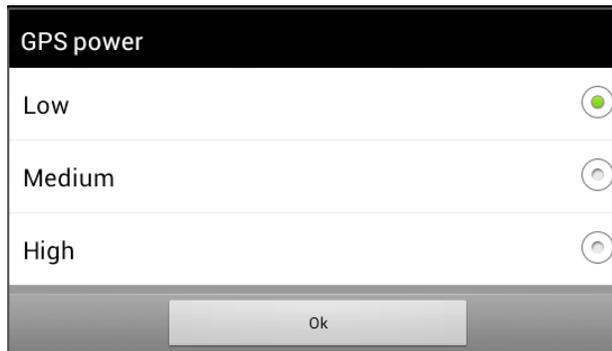
Anexo 4: Ventana para configuración del intervalo de actualización del GPS, en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.

- 5- En la opción “GPS update” se procede a configurar la distancia recorrida en la cual se debe actualizar la ubicación en el GPS, para el caso de este estudio se tomó una distancia de actualización de 5 metros, con el fin de mantener la ubicación lo más actualizada posible.



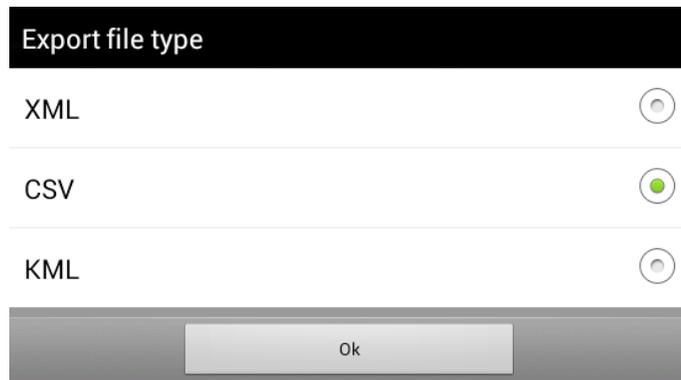
Anexo 5: Ventana para configuración de la distancia de actualización del GPS, en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.

- 6- En la opción “GPS Power” se determina el nivel de potencia que usará el GPS del equipo móvil para la prueba de ruta, para este estudio se colocó en nivel médium.



Anexo 6: Ventana para configuración de la potencia del GPS, en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.

- 7- En la opción “Export Fie Type” se escoge el tipo de archivo en el que se desea que RF Signal Tracker Donut, muestre los resultados, en el caso de este estudio se trabajaron dos tipos de reportes un reporte de tipo CSV, el cual permitia tener tabulados los resultados del monitoreo y por otro lado el tipo de archivo KML, ya que este permite visualizar en la herramienta Google Earth, el recorrido realizado además de la cobertura de cada una de las celdas en las cuales se enlazó el equipo durante todo el recorrido, para de esta manera poder entrar a analizar los datos resultantes de esta operación.



Anexo 7: Ventana para configuración del formato del reporte a exportar en el aplicativo RF Signal Tracker Donut.

- 8- De igual forma en el módulo de configuración de la tableta, se deben activar los servicios de ubicación por GPS, de tal manera que la aplicación RF Signal Tracker Donut, pueda hacer uso del GPS del móvil para mostrar los puntos de ubicación durante el recorrido.



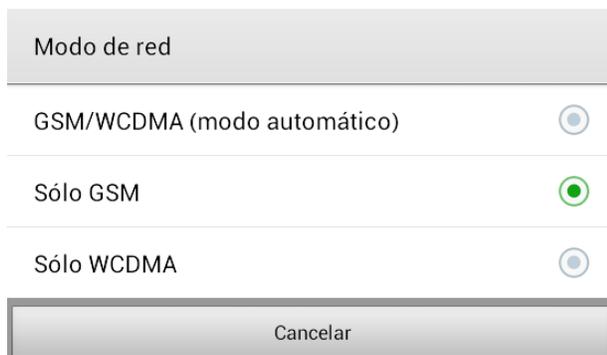
Anexo 8: Configuración y activación de los servicios de ubicación en la tableta SAMSUNG.

9- Por último se procede a configurar en la tableta el modo de red, solo GSM, con el fin de que el terminal móvil solo se enlace a las estaciones que ofrecen esta tecnología a lo largo del recorrido. Para este fin se ingresa a la opción Redes móviles, la cual está en el módulo de configuración de la tableta.



Anexo 9: Configuración y activación de las Redes móviles

Y luego se procede a escoger en la opción “modo de red”, la alternativa de “Solo GSM”, como se muestra a continuación.



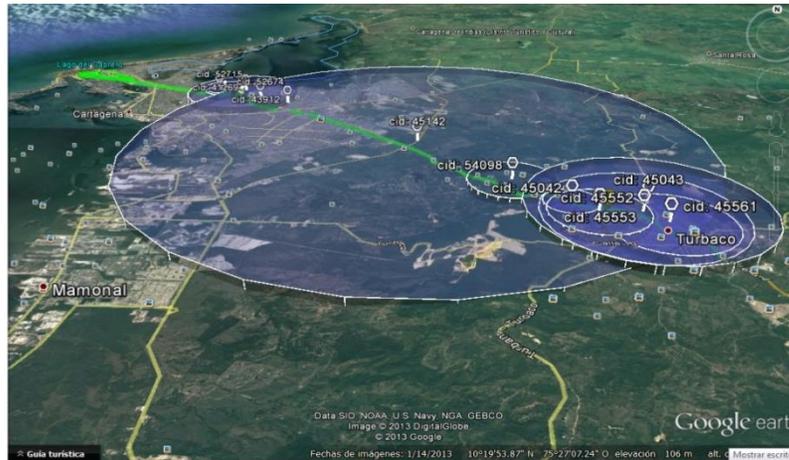
Anexo 10: Configuración y activación del modo solo GSM en la tableta SAMSUNG.

3.3 RECORRIDO Y MEDICIÓN

El recorrido se realizó en dos sentidos (Cartagena-Turbaco y Turbaco Cartagena), esta prueba se hizo usando los dos modos de Drive Test (IDLE y OFFHOOK) a bordo de un automóvil el cual se movilizaba a una velocidad media de 40 Km/h.

Para cada uno de estos recorridos el aplicativo RF Signal Tracker Donut, entregó un reporte en archivo plano CSV el cual se visualizó en Excel, para luego proceder a realizar el análisis de cada uno de los datos del reporte, en este archivo se pudo observar cada uno de los LAC, los Cell ID, La ubicación geográfica de la estación captada por el GPS del equipo móvil, los RSSI en cada uno de los puntos, la hora y fecha en la cual se hizo el enlace a cada BTS.

Por otro lado el aplicativo entregó un archivo en formato KML, que permitió su análisis a través de la aplicación Google Earth, en este se pudo visualizar cada uno de los cambios de estación (Handover) durante todo el desplazamiento del equipo móvil, y su ubicación en el mapa en modo satélite. A continuación se muestra gráficamente cada uno de los reportes CSV y KML.



Anexo 11: Visualización del archivo KML, exportado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut

longitude	rssti	logdate	mcc	mnc	lac	cellid	site_lat	site_lng	tech	callstate	roaming	BTS_NAME
-75404355	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45322	10304654	-75394241	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.2
-75404516	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45322	10304654	-75394241	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.2
-75404708	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45322	10304654	-75394241	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.2
-75404970	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45322	10304654	-75394241	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.2
-75405288	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45322	10304654	-75394241	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.2
-75405644	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45322	10304654	-75394241	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.2
-75405964	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45325	10305584	-75394481	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2 B
-75406247	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45325	10305584	-75394481	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2 B
-75406422	-1	24/03/2013 17:49	732	101	3173	45325	10305584	-75394481	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2 B
-75406461	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45325	10305584	-75394481	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2 B
-75406428	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406396	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406346	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406310	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406274	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406261	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406294	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406332	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406375	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406402	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406401	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45321	10330717	-75409189	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2.1
-75406384	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45324	10329178	-75409705	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2 A
-75406486	-1	24/03/2013 17:50	732	101	3173	45324	10329178	-75409705	EDGE	IDLE	NO	BOL_Turbaco-2 A

Anexo 12: Visualización del archivo CSV, exportado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut

3.4 ANALISIS DE LOS DATOS

Para la realización del análisis de los datos, fue necesario conocer las características y configuración de cada uno de los elementos de componen la red GSM de la empresa CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A.; los cuales fueron suministrados por el operador con el fin de que el desarrollo del trabajo se basara en datos e información real; entre estos elementos se obtuvo información de las

BTS, Antenas (Ubicación, Altura de la torre, Tilt, Azimuth, características técnicas). De igual manera se tuvo en cuenta las condiciones del terreno donde se encuentran ubicadas las torres de transmisión y recepción.

CLARO COMUNICACIONES MÓVILES S.A., opera en las bandas GSM de 850 MHz y 1900 MHz, usa en su red BTS's Marca Nokia en la referencia UltraSite EDGE y antenas marca Katrhein de la referencia 742266, a continuación se realiza una descripción de las características y beneficios de estos dos elementos.

3.4.1 NOKIA ULTRASITE EDGE BTS : Nokia UltraSite EDGE es una BTS de alta capacidad y de gran cobertura, que cuenta con equipos de transmisión, recepción y auxiliares. Además soporta configuración de antenas omni-direccionales y sectorizadas para aplicaciones de voz y datos. Esta BTS ofrece la posibilidad de ser usada en sistemas GSM de 1900, 800, 900 y 1800 MHz.

Esta BTS ofrece una velocidad de datos máxima de más de 300 kbit/s con múltiples ranuras de tiempo. La BTS está disponible para diferentes opciones de gabinetes que permiten su utilización en aplicaciones interiores y exteriores. El trabajo desarrollado se centra en la configuración estándar de BTS, Nokia UltraSite EDGE BTS Outdoor (exterior), especial para zonas rurales, la cual es utilizada por CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A, debido a que ofrece una solución más robusta y segura.

Por otro lado Nokia UltraSite EDGE BTS, ofrece un sin número de características y beneficios, entre estos se tiene que:

- Garantiza la expansión y modernización de los equipos de estaciones base GSM a la tecnología de división de código de banda ancha de acceso múltiple (WCDMA), ofrece también acceso de bajada de paquetes de alta velocidad (HSPA) con una mínima perturbación a la operación de la red.
- Apoya la inserción en caliente de unidades, lo que significa que la mayoría de las unidades se pueden reemplazar estando en funcionamiento sin interrumpir la operación de la BTS.
- Es una solución rentable a la hora de planear y mejorar la cobertura
- Su estructura física brinda la posibilidad de instalación en mástil, lo cual permite cubrir diferentes tipos de zonas rurales o urbanas.



Figura 8: Nokia UltraSite EDGE BTS

Capacidad de las celdas y área de cobertura: Esta BTS ofrece una amplia cobertura de voz y datos debido a que posee combinadores flexibles los cuales están disponibles para crear una alta salida de potencia con un número mínimo de antenas. Para aumentar la capacidad de la celda y mantener la cobertura la BTS hace uso de los siguientes recursos:

- Amplificadores de Mástil Nokia (MHAs) multipuertos RX con esquemas de diversidad de recepción 1TX/2RX Y 2TX/4RX.
- Nokia Smart Radio Concept (SRC)

Estas características maximizan la sensibilidad de recepción de la BTS, además de empujar la cobertura y la capacidad de la celda al máximo. Por ejemplo, el rango de celdas GSM estándar es de 35 km; la función de rango de celdas extendida permite rangos de celdas hasta 70 km. Estas características también ayudan a satisfacer las necesidades de cobertura y capacidad para muchas aplicaciones.

La alta densidad de TRX (12 TRX por gabinete), hacen que la Nokia UltraSite EDGE BTS brinde con los siguientes beneficios:

- Reduce la inversión total de la red (menos sitios y menos equipos por sitio).
- Apoya la capacidad de crecimiento eficiente, con el diseño modular.
- Permite sincronizar los traspasos y las frecuencias compartidas en sitios sectorizada entre gabinetes.

- Permite la combinación de diferentes armarios de TRXs en la misma celda.

Para la mejora de la capacidad y la garantía de calidad de la red, Nokia UltraSite EDGE BTS utiliza Frecuencia de Hopping inteligente y multi-velocidad de codificación de voz adaptativa.

Configuración: La instalación y puesta en servicio de Nokia UltraSite EDGE BTS es rápida y fácil gracias al cableado interno simplificado y la uniformidad de la ubicación de la unidad en todos los tipos de gabinete.

Además esta BTS puede ser sectorizada y amplificada fácilmente, soporta múltiples sectores en cada gabinete, se puede utilizar con varias configuraciones de antenas, incluyendo multi-banda y antenas de polarización cruzada.

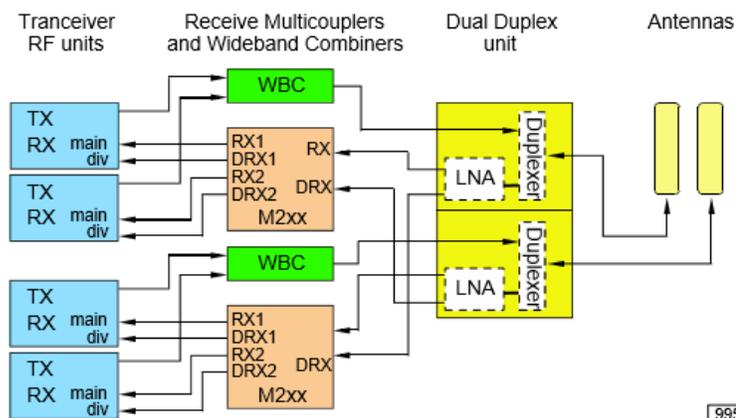


Figura 9: Configuración BTS

En la configuración usada por CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A. la BTS internamente consta de 4 transceptores, cada uno tiene 1 transmisor y dos receptores. 2 combinadores de transmisores y 2 combinadores de receptores. Tiene 2 duplexores que se conectan a las antenas.

3.4.2 ANTENA KATHREIN 742266: Esta es la antena usada por la empresa CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A., a continuación se describen las especificaciones y características mecánicas y técnicas de esta antena.

Especificaciones y características mecánicas: El panel reflector de la antena está fabricado en aluminio resistente a la intemperie. El radomo de fibra de vidrio, está fabricado en fibra de vidrio color gris los cuales son muy estables y presentan una rigidez extraordinaria ya que son resistentes a los rayos ultravioletas y aceptan pintura para fines de mimetización. Los tornillos y tuercas son hechos en acero inoxidable. Las partes metálicas de la antena así como los elementos opcionales para la instalación y los conductores internos son puestos a la tierra. Las entradas 824-960 MHz también reciben puesta a tierra DC. Las entradas 1710-2170 MHz son casadas capacitivamente.

Por otra parte esta antena permite ajuste manual del Downtilt, y de igual forma trae la opción de realizar el ajuste de este Tilt de forma remota a través de la RCU (Unidad de Control Remoto).



Figura 10: Ajuste manual del Downtilt



Figura 11: Unidad RCU para ajuste del Downtilt

Especificaciones y características técnicas: Para el rango de frecuencias 824-960 MHz esta antena proporciona un ancho del haz horizontal de 68°, en la banda de 850 MHz, además de otras características las cuales se mencionan en la tabla que se muestra a continuación.

Descripción	
Rango de Frecuencia	824 - 894 MHz
Ganancia	2 x 16.5 dBi
Diagrama Horizontal	
Ancho del haz de media potencia	68°
Relación frente espalda	> 28°
Relación Cross polar	Típico:
Dirección principal 0°	20 dB
sector + ó - 60°	> 10 dB
Diagrama Vertical	
Ancho del haz de media potencia	7.3°
Down Tilt Eléctrico ajustable	0.5° - 7°
Supresión del primer lóbulo por encima del lóbulo principal	0.5°...4°...7° Tilt
	14 ...14...14 dB
Otras Características	
Impedancia	50 Ω
ROE	< 1.5
Aislamiento entre puertas	> 30 dB
Aislamiento entre sistemas	> 50 dB
Intermodulación IM3	< -150 dBc (2 x 43 dBm portadora)
Potencia máxima de entrada	500 W
Potencia Total	1000 W
Temperatura ambiente de 50 °C	

Figura 12: Características de antena Kathrein 742266, en la banda de 850 MHz

Por otra parte para el rango de frecuencias de 1850 a 1990 MHz, en la banda de los 1900 MHz, esta antena proporciona una haz horizontal de 65°, además de otras características las cuales se detallan a continuación.

Descripción	
Rango de Frecuencia	1850 - 1990 MHz
Ganancia	2 x 18.2 dBi
Diagrama Horizontal	
Ancho del haz de media potencia	65°
Relación frente espalda	> 25 dB
Relación Cross polar	Típico:
Dirección principal 0°	18 dB
sector + ó - 60°	> 10 dB
Diagrama Vertical	
Ancho del haz de media potencia	5.0°
Down Tilt Eléctrico ajustable	0° - 6°
Supresión del primer lóbulo por encima del lóbulo principal	0°...3°...6° Tilt
	16 ...15...14 dB
Otras Características	
Impedancia	50 Ω
ROE	< 1.5
Aislamiento entre puertas	> 30 dB
Aislamiento entre sistemas	> 50 dB
Intermodulación IM3	< -150 dBc (2 x 43 dBm portadora)
Potencia máxima de entrada	250 W
Potencia Total	500 W
Temperatura ambiente de 50 °C	

Figura 13: Características de la antena Kathrein 742266, en la banda de 1850 MHz

3.4.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DONDE SE PRESENTAN LAS FALLAS DE COBERTURA

La delimitación de estas zonas se obtiene al revisar cada uno de los reportes entregados por el aplicativo RF Signal Tracker Donut, en los cuales se pueden observar los parámetros que permiten verificar el estado de la cobertura, obteniendo así un diagnóstico de la cobertura de la señal celular GSM, en la zona objeto de estudio, lo que da a conocer si existen o no fallas, en caso de que

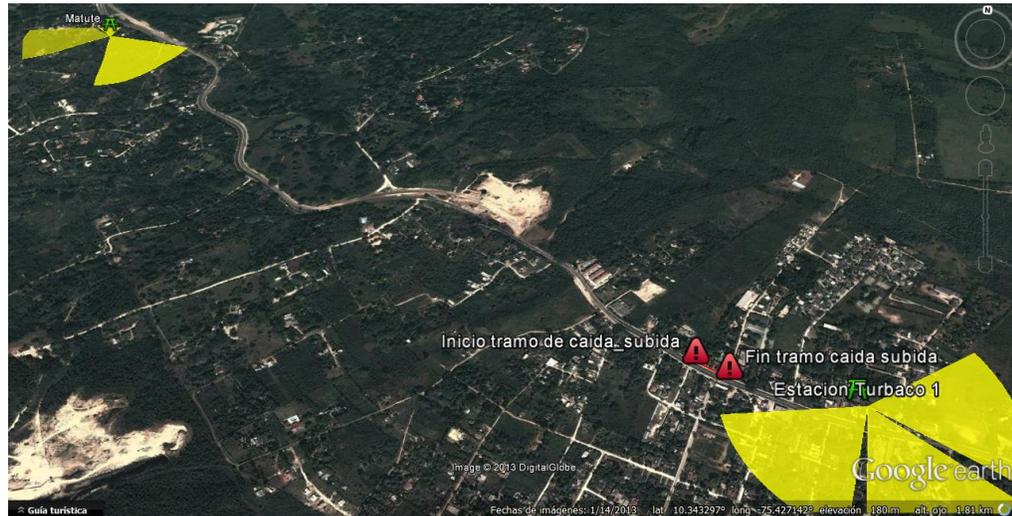
estas se presenten se puede examinar cada una de las incidencias que generan dichas fallas.

Análisis de los reportes sentido Cartagena-Turbaco: Al analizar el reporte arrojado en archivo plano CSV que entregó el aplicativo RF Signal Tracker Donut, del recorrido en modo OFFHOOK sentido Cartagena-Turbaco, se encontró que en el tramo comprendido entre el punto identificado con Lat. 10.340402° y Long. -75.423106° y el punto de Lat. 10.340066° y Long. -75.422442°, se presentó una pérdida de llamada, esto se puede determinar debido a que el parámetro callstate (Estado de la llamada), cambió de OFFHOOK a IDLE.

_id	latitude	longitude	logdate	mcc	mnc	lac	cellid	tech	callstate	roaming	BTS_NAME
1040	10340479	-75423234	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	OFFHOOK	NO	CAR. Ternera 3
1041	10340440	-75423169	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	OFFHOOK	NO	CAR. Ternera 3
1042	10340402	-75423106	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	IDLE	NO	CAR. Ternera 3
1043	10340366	-75423042	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	IDLE	NO	CAR. Ternera 3
1044	10340366	-75423042	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	IDLE	NO	CAR. Ternera 3
1045	10340332	-75422980	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	IDLE	NO	CAR. Ternera 3
1046	10340300	-75422919	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	IDLE	NO	CAR. Ternera 3
1047	10340269	-75422859	25/03/2013 13:41	732	101	3190	45142	EDGE	IDLE	NO	CAR. Ternera 3
1048	10340269	-75422859	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1049	10340240	-75422801	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1050	10340215	-75422749	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1051	10340195	-75422700	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1052	10340195	-75422700	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1053	10340178	-75422656	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1054	10340148	-75422586	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1055	10340148	-75422586	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1056	10340126	-75422533	25/03/2013 13:41	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1057	10340089	-75422495	25/03/2013 13:42	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1058	10340066	-75422442	25/03/2013 13:42	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL.Turbaco-12
1059	10340045	-75422383	25/03/2013 13:42	732	101	3173	45042	EDGE	OFFHOOK	NO	BOL.Turbaco-12
1060	10340020	-75422334	25/03/2013 13:42	732	101	3173	45042	EDGE	OFFHOOK	NO	BOL.Turbaco-12
1061	10339989	-75422293	25/03/2013 13:42	732	101	3173	45042	EDGE	OFFHOOK	NO	BOL.Turbaco-12

Anexo 13: Fragmento del archivo plano CSV, generado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut, en el cual se visualiza la perdida de llamada en el sentido Cartagena-Turbaco.

Al ubicar la zona en la cual se encontró la falla de cobertura en el mapa usando el aplicativo Google Earth, se puede observar la localización exacta, la distancias y las estaciones y BTS que tienen incidencia en dicha zona.



Anexo 14: Visualización en Google Earth de la localización geográfica de la zona donde se presenta la pérdida de llamada en el sentido Cartagena-Turbaco.

Luego de tener la ubicación geográfica de los puntos que delimitan la zona donde existen fallos de cobertura se procedió a realizar un análisis de cada una de las posibles incidencias que generan las fallas de cobertura y pérdida de llamadas.

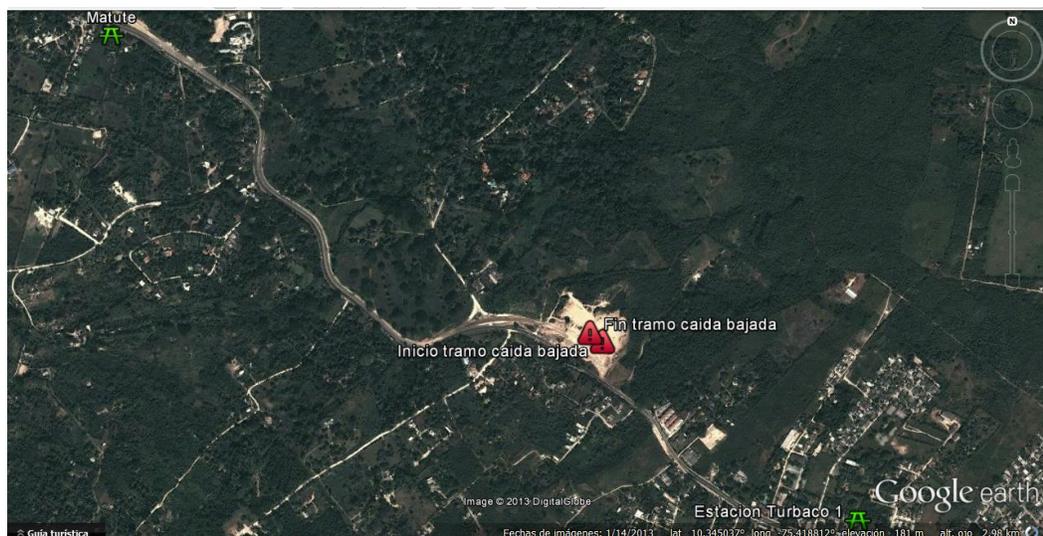
Análisis de los reportes sentido Turbaco-Cartagena: Al analizar los datos del archivo plano CSV que nos proporciona el aplicativo RF Signal Tracker Donuts en la prueba en modo OFFHOOK, en sentido Turbaco – Cartagena , se presentó pérdida de llamadas y falta de cobertura en el tramo comprendido entre el punto identificado con Lat. 10.344697° y Long. -75.427124° y el punto Lat. 10.344991°

y Long. -75.427473° , en este tramo se observa que el estado de la llamada (callstate) pasa de OFFHOOK a IDLE.

latitude	longitude	rsi	logdate	mcc	mnc	lac	cellid	tech	callstate	roaming	BTS_NAME
10344599	-75426991	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	OFFHOOK	NO	BOL Turbaco-12
10344646	-75427058	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	OFFHOOK	NO	BOL Turbaco-12
10344697	-75427124	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344749	-75427189	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344800	-75427253	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344843	-75427315	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344878	-75427369	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344906	-75427410	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344938	-75427461	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3173	45042	EDGE	IDLE	NO	BOL Turbaco-12
10344941	-75427473	-339	25/03/2013 14:16	0	0	-1	65535	EDGE	IDLE	NO	
10344941	-75427473	-115	25/03/2013 14:16	732	101	3190	54098	EDGE	IDLE	NO	CAR. Club Campestre 2
10344941	-75427473	-115	25/03/2013 14:18	732	101	3190	54098	EDGE	IDLE	NO	CAR. Club Campestre 2
10344941	-75427473	-115	25/03/2013 14:18	732	101	3190	54098	EDGE	OFFHOOK	NO	CAR. Club Campestre 2
10344941	-75427473	-1	25/03/2013 14:18	732	101	3190	54098	EDGE	IDLE	NO	CAR. Club Campestre 2
10344941	-75427473	-1	25/03/2013 14:18	732	101	3190	54098	EDGE	OFFHOOK	NO	CAR. Club Campestre 2
10344941	-75427473	-339	25/03/2013 14:18	0	0	-1	65535	EDGE	IDLE	NO	
10344941	-75427473	-115	25/03/2013 14:18	732	101	3190	54098	EDGE	OFFHOOK	NO	CAR. Club Campestre 2
10344971	-75427521	-115	25/03/2013 14:19	732	101	3190	54098	EDGE	OFFHOOK	NO	CAR. Club Campestre 2

Anexo 15: Fragmento del archivo plano CSV, generado por el aplicativo RF Signal Tracker Donut, en el cual se visualiza la perdida de llamada en el sentido Turbaco-Cartagena.

Al ubicar la zona en la cual se encontró la falla de cobertura en el mapa, usando el aplicativo Google Earth, se puede observar la localización exacta, las distancias y las estaciones y BTS que tienen incidencia en dicha zona.



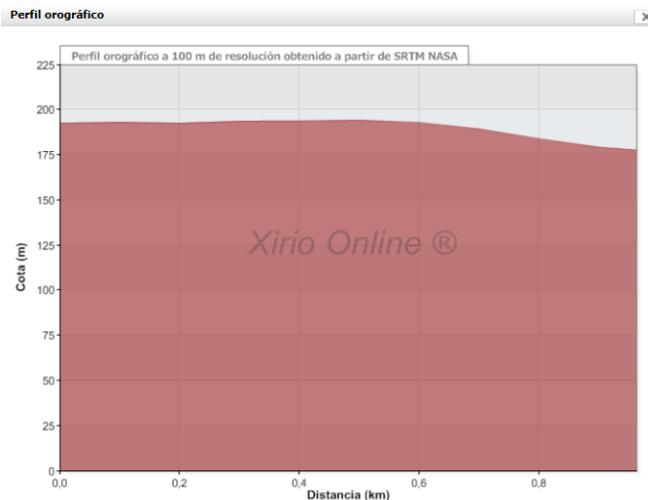
Anexo 16: Visualización en Google Earth de la localización geográfica de la zona donde se presenta la pérdida de llamada en el sentido Turbaco-Cartagena.

3.5 ANALISIS DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

Para la realización de este análisis se hizo uso del aplicativo Xirio Online, el cual consiste en ser una herramienta de planeación celular que provee una herramienta para la medición de las cotas del terreno.

Para efectos del estudio en las zonas donde se presentaron fallas de cobertura, se tomaron las estaciones que tienen inferencia en esta zona, estas estaciones fueron; Turbaco 1, Matute, Club Campestre y Ternera. De este análisis se obtuvo lo siguiente:

Desde la estación Turbaco 1 hasta la zona de no cobertura:



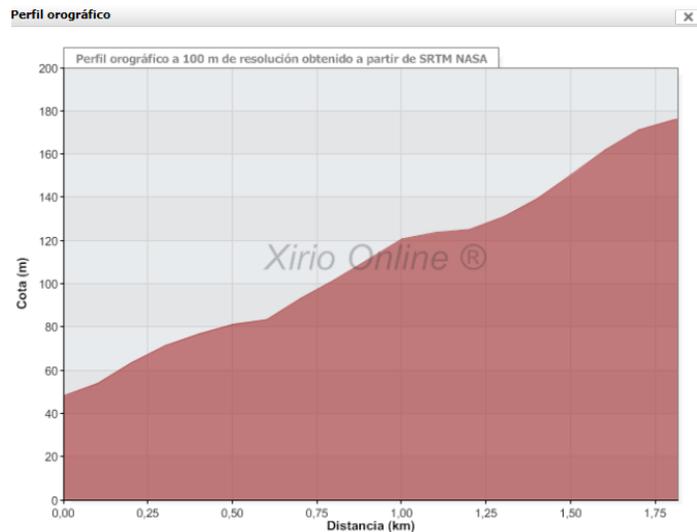
Anexo 17: Perfil Orográfico del terreno comprendido entre la estación Turbaco 1 y la zona donde existe pérdida de cobertura.

Al observar este gráfico se tiene que en este tramo la diferencia entre la altura de los dos puntos es de aproximadamente 15 mts, lo que no afectaría el

desplazamiento del haz de la antena ubicada en la estación Turbaco 1 ya que esta antena cuenta con una torre de 60 mts de altura lo que le permite tener una línea de vista clara desde la torre hasta la zona afectada tanto en el sentido Cartagena-Turbaco, así como en el sentido Turbaco-Cartagena.

Esto permite descartar que en este punto el problema cobertura que se presenta sea debido a interrupciones de la señal por las condiciones del terreno (altura) que va desde la estación Turbaco 1 hasta la zona de la falla, por lo que se procede a analizar las condiciones del terreno en los demás puntos que inciden en esta zona. Además se analizarán los ángulos de Azimuth, distribución y asignación de canales de frecuencia e intensidad de la señal (RSSI).

Desde la estación Matute hasta la zona de no cobertura:



Anexo 18: Perfil Orográfico del terreno comprendido entre la estación Matute y la zona donde existe pérdida de cobertura.

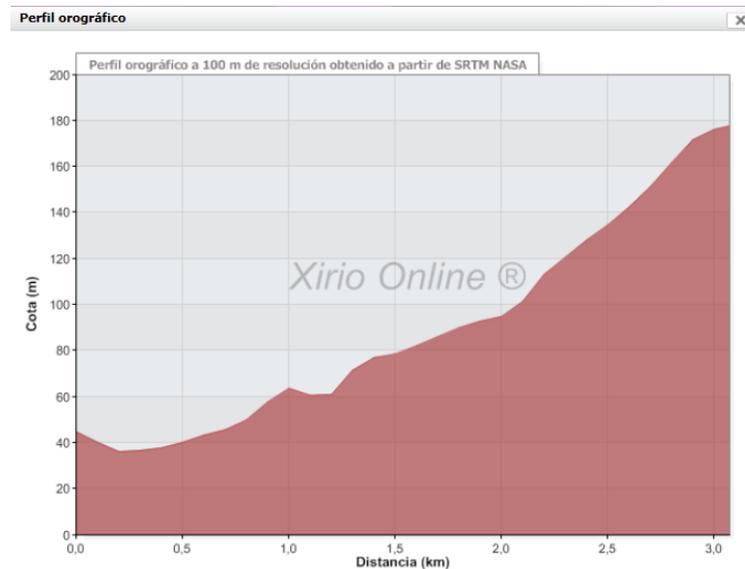
Al analizar el perfil orográfico que se presenta desde la estación Matute hasta la zona de no cobertura; se tiene que la estación Matute cuenta con una cota de 50 mts aproximadamente y una torre de 35 mts de altura, dando una altura total de 85 mts sobre el nivel del mar, esta estación cuenta además con antenas que tienen configurado un Tilt de 6°. En base a estos datos se observa que la antena tiene un ángulo de elevación muy bajo el cual puede estar incidiendo en que se afecte el desplazamiento de la señal hacia la zona de la falla identificada en el drive test.

Esta estación junto con la estación Turbaco 1 son las más cercanas a la zona de no cobertura identificada por lo que debe tener en cuenta como posible generadora de las fallas de señal en la zona, además cabe anotar que en esta se deben realizar estudios de intensidad de señal (RSSI), asignación de frecuencias y ángulos de Azimuth, lo que permitirá identificar las causas reales de la pérdida de señal en la zona afectada.

Desde la estación Club Campestre hasta la zona de no cobertura:

En el tramo comprendido entre la estación Club Campestre y la zona donde se evidenció pérdida de la señal existe una diferencia entre la altura de los dos puntos de aproximadamente 140 mts, lo que podría afectar la línea de vista entre esta estación y la zona afectada, teniendo en cuenta que la torre que se tiene instalada en la estación Club Campestre tiene una altura de 40 mts, los cuales se añadirían a la altura total de la antena y así alcanzar unos 80 mts sobre el nivel de

mar faltando aún 100 mts para alcanzar la altura del punto donde se pierde la cobertura celular.



Anexo 19: Perfil Orográfico del terreno comprendido entre la estación Club Campestre y la zona donde existe pérdida de cobertura.

En este caso no es posible descartar que el problema cobertura que se presenta sea debido a interrupciones de la señal por las condiciones del terreno (altura) que va desde la estación Club Campestre hasta la zona de la falla, por lo que se procede a analizar otras variables como lo son el Tilt para poder determinar de esta forma la dirección que esta tomando el haz emitido por la antena, en este caso la antena que apunta hacia la zona de pérdida de señal se encuentra mirando hacia el horizonte con un Tilt de 0° , lo que puede estar truncando el desplazamiento de la señal.

Cabe destacar que en el drive test realizado la estación a la que se hace transferencia (handover), después de la pérdida de señal es precisamente esta que se está analizando Club Campestre (Cell ID: 54098) aunque geográficamente no es la que se encuentra más cercana a este punto. Más adelante se estarán tomando algunos otros parámetros como la intensidad de la señal (RSSI) y los ángulos de Azimuth, lo cual permitirá determinar las causas que inciden en la presentación de las fallas.

3.6 ANALISIS DE ANGULOS AZIMUTH EN LAS ESTACIONES QUE TIENEN INFERENCIA EN LA ZONA DE LA FALLA

Análisis de los ángulos Azimut de la estación Turbaco 1:

Al analizar la propagación de la señal de cada una de las Cell Id, ubicadas en la estación Turbaco 1, se tiene que esta está compuesta por seis (6) Celdas las cuales están identificadas para la banda de 850 MHz por los números (44041, 44042 y 44043) y para la banda de los 1900 MHz por los números (44044, 44045 y 44046), al observar los lóbulos de propagación de cada una de las antenas se puede ver que ninguno de estos se encuentra mirando hacia la zona de no cobertura identificada en el Drive test sentido Cartagena-Turbaco.



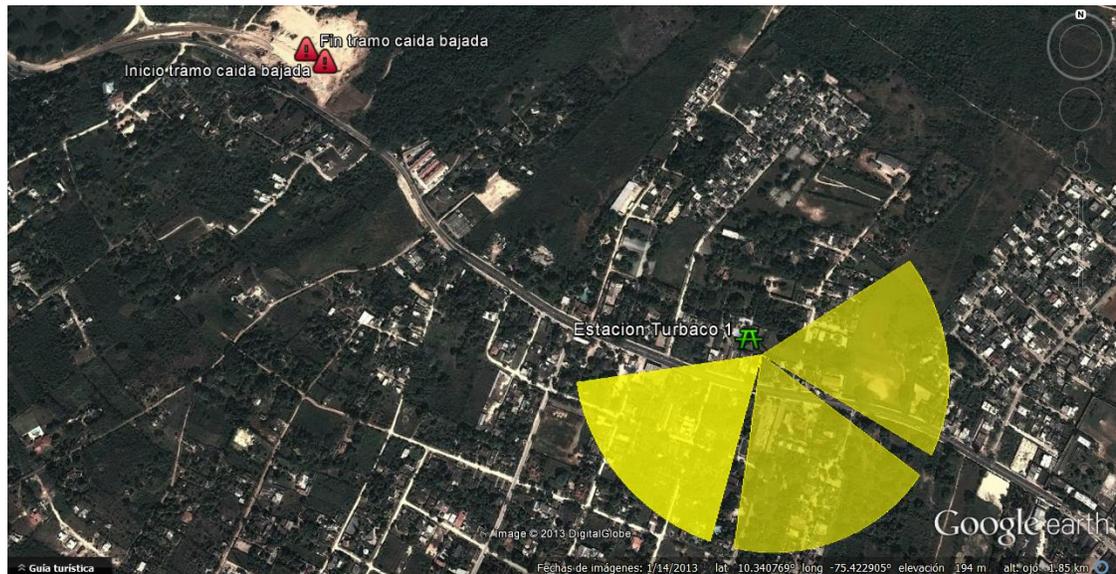
Anexo 20: Gráfico de la dirección de los lóbulos de las antenas ubicadas en la estación Turbaco 1 Vs la ubicación de la zona de no cobertura en el sentido Cartagena-Turbaco.

Por lo que se procede a analizar el Drive Test donde además se encuentra una inconsistencia entre el gráfico de los lóbulos y lo que ocurre realmente en el terreno, ya que si se observa el Drive Test se tiene que el último Cell ID que participa en el Handover es el identificado con número (44042), que hace referencia a la BTS Turbaco 1_2, y el cual cuenta con un azimut de 160° , mientras que los Cell Id identificados con números (44046 y 44043) aunque se encuentran más cercanos a la zona de no cobertura no participan en el handover en el tramo que se espera participen; si no más adelante, razón por la cual se puede detectar un problema en esta zona el cual puede ser físico, desplazamiento de la antena (por las condiciones climáticas) o de configuración en cuanto a la asignación de las frecuencias; por lo que más adelante se entrará a verificar cada uno de estos aspectos.

BTS_Name	Altura Estructura	Sector	Antena	Altura Antena	Azimuth	Tilt Electrico	Tilt Mecanico	Trx	Cell Id
BOL.Turbaco-1_1	60	1	K742266	60	90	1	0	6	45041
BOL.Turbaco-1_2	60	2	K742266	60	160	2	0	8	45042
BOL.Turbaco-1_3	60	3	K742266	60	230	1	0	6	45043
BOL.Turbaco-1_A	60	A	K742266	60	90	6	0	8	45044
BOL.Turbaco-1_B	60	B	K742266	60	160	6	0	8	45045
BOL.Turbaco-1_C	60	C	K742266	60	230	6	0	4	45046

Anexo 21: Datos de las Cell ID, instaladas en la estación Turbaco 1

Para este análisis se debe tener en cuenta también la zona de no cobertura identificada en el Drive test realizado en el sentido Turbaco-Cartagena, la cual se encuentra muy próxima a la estación Turbaco 1 a una distancia aproximada de 1 km , y se puede observar en el gráfico que al igual que en el sentido Cartagena-Turbaco, no existe ningún Cell Id de esta estación que este apuntando hacia la zona de no cobertura, y que al igual que en el otro sentido los Cell Id (44043 y 44046) no participan en los handover en el momento de la llamada que se pensaría, teniendo en cuenta los ángulos azimut configurados en cada antena.

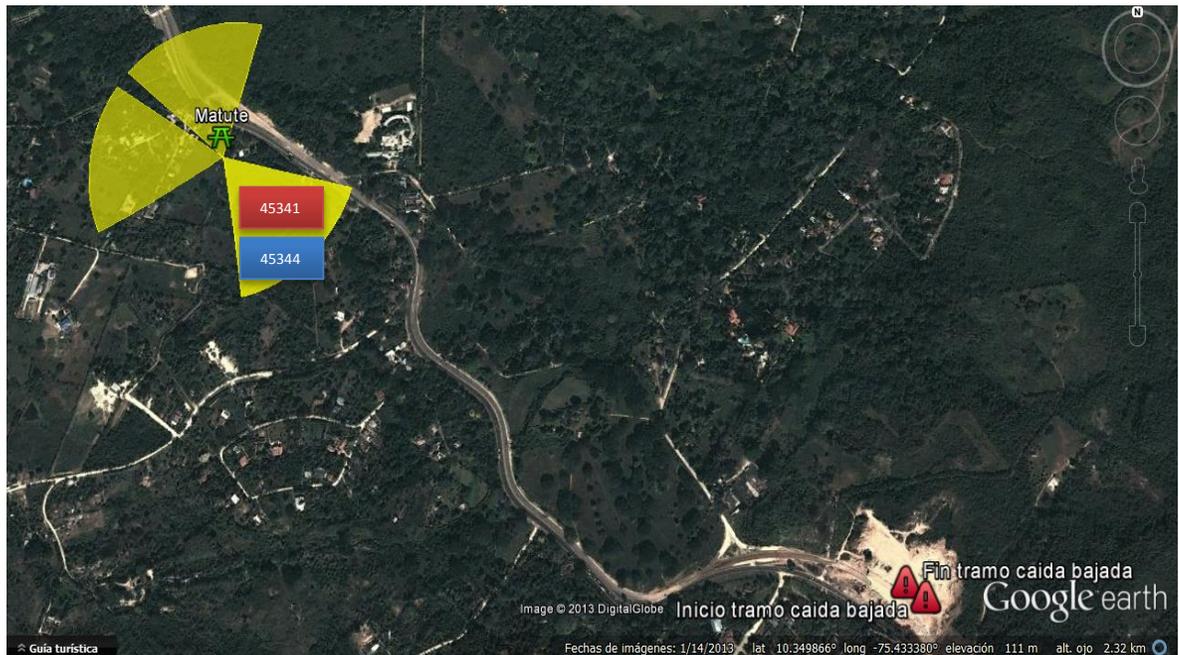


Anexo 22: Gráfico de la dirección de los lóbulos de las antenas ubicadas en la estación Turbaco 1 Vs la ubicación de la zona de no cobertura en el sentido Turbaco-Cartagena.

Por lo que se puede detectar que existe un error físico por desplazamiento de la antena o en su defecto por errores en la configuración de las frecuencias adyacentes.

Análisis de los ángulos Azimut de la estación Matute:

Al analizar la propagación de la señal de cada una de las Cell Id, ubicadas en la estación Matute, se tiene que esta está compuesta por cinco (5) Celdas las cuales están identificadas para la banda de 850 MHz por los números (45341, 45342 y 45343) y para la banda de los 1900 MHz por los números (45344, 45345).



Anexo 23: Gráfico de la dirección de los lóbulos de las antenas ubicadas en la estación Matute Vs la ubicación de la zona de no cobertura en el sentido Turbaco-Cartagena.

Al observar los lóbulos de propagación de cada una de las antenas se puede ver que el ángulo de la antena está orientado hacia el punto donde se pierde la señal lo que indica que este factor posiblemente no está incidiendo en la falla que se presenta, pero si se observan los datos de las estación (45341) en la tabla, se puede notar que la antena tiene un TILT de 6° el cual tiene inclinación hacia abajo y teniendo en cuenta el estudio realizado al terreno entre estos dos puntos existen obstáculos que impiden que la línea de vista desde la antena hasta la zona de caída de señal, por lo que se requerirá tener el dato de la potencia de la señal (este análisis se hace más adelante en el documento) para poder observar hasta qué punto del tramo se cuenta con cobertura de esta estación, en necesario también tener en cuenta que esta es la antena más cercana en el sentido Turbaco-Cartagena, para hacer el handover desde de la estación Turbaco 1.

BTS_Name	Altura Estructura	Sector	Antena	Altura Antena	Azimuth	Tilt Electrico	Tilt Mecanico	Trx	Cell Id
BOL.Matute_1	35	1	K742266	35	135	6	0	2	45341
BOL.Matute_2	35	2	K742266	35	270	6	0	2	45342
BOL.Matute_3	35	3	K742266	35	340	6	0	2	45343
BOL.Matute_A	35	A	K742266	35	135	6	0	2	45344
BOL.Matute_C	35	C	K742266	35	340	6	0	2	45346

Anexo 24: Datos de las Cell ID, instaladas en la estación Matute

3.7 ANALISIS DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A LOS CELL ID QUE PARTICIPAN EN LOS HANDOVERS DURANTE EL RECORRIDO

A continuación se realizará un análisis de las frecuencias asignadas a CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A., para su operación en Colombia y a la vez de como

están configurados canales de frecuencias en cada uno de los Cell Id, que operan en el municipio de Turbaco, más exactamente en el tramo objeto de estudio.

Canales de frecuencia asignados a CLARO Colombia: El Ministerio de las Telecomunicaciones otorgó permiso de operación de servicios móviles a la empresa CLARO, para la prestación de servicios de telefonía móvil, en los siguientes canales de frecuencia, tanto para tráfico como para control, en la banda de los 850 MHz:

BANDA 850 MHz	
CANALES DE TRAFICO TCH	CANALES DE CONTROL BCCH
128, 139 – 158, 180,181, 233 – 238	129 -138

Anexo 25: Canales de operación CLARO Soluciones Móviles S.A., en la banda 850 MHz.

En la tabla siguiente se muestran los canales de control (200 KHz), en los cuales se tienen autorización de operación además de la frecuencia central para cada uno de ellos tanto de subida como de bajada.

CANT	CANAL	UP			DOWN			USO
			Freq Central			Freq Central		
1	129	824,3	824,4	824,5	869,3	869,4	869,5	BCCH
2	130	824,5	824,6	824,7	869,5	869,6	869,7	BCCH
3	131	824,7	824,8	824,9	869,7	869,8	869,9	BCCH
4	132	824,9	825	825,1	869,9	870	870,1	BCCH
5	133	825,1	825,2	825,3	870,1	870,2	870,3	BCCH
6	134	825,3	825,4	825,5	870,3	870,4	870,5	BCCH
7	135	825,5	825,6	825,7	870,5	870,6	870,7	BCCH
8	136	825,7	825,8	825,9	870,7	870,8	870,9	BCCH
9	137	825,9	826	826,1	870,9	871	871,1	BCCH
10	138	826,1	826,2	826,3	871,1	871,2	871,3	BCCH

Anexo 26: Frecuencias de los canales de control banda de 850 MHz

De igual forma se cuenta con la asignación de las frecuencias de los canales de tráfico que pueden ser utilizados por la empresa, a continuación se muestra una tabla con todos los canales de tráfico y su frecuencia central, en la banda de 850 MHz.

Lista de la cual la empresa CLARO, puede escoger para la configuración de los Cluster de celdas en cada sector donde se decida operar.

CANAL	UP			DOWN			USO
		Freq Central			Freq Central		
128	824,1	824,2	824,3	869,1	869,2	869,3	TCH
139	826,3	826,4	826,5	871,3	871,4	871,5	TCH
140	826,5	826,6	826,7	871,5	871,6	871,7	TCH
141	826,7	826,8	826,9	871,7	871,8	871,9	TCH
142	826,9	827	827,1	871,9	872	872,1	TCH
143	827,1	827,2	827,3	872,1	872,2	872,3	TCH
144	827,3	827,4	827,5	872,3	872,4	872,5	TCH
145	827,5	827,6	827,7	872,5	872,6	872,7	TCH
146	827,7	827,8	827,9	872,7	872,8	872,9	TCH
147	827,9	828	828,1	872,9	873	873,1	TCH
148	828,1	828,2	828,3	873,1	873,2	873,3	TCH
149	828,3	828,4	828,5	873,3	873,4	873,5	TCH
150	828,5	828,6	828,7	873,5	873,6	873,7	TCH
151	828,7	828,8	828,9	873,7	873,8	873,9	TCH
152	828,9	829	829,1	873,9	874	874,1	TCH
153	829,1	829,2	829,3	874,1	874,2	874,3	TCH
154	829,3	829,4	829,5	874,3	874,4	874,5	TCH
155	829,5	829,6	829,7	874,5	874,6	874,7	TCH
156	829,7	829,8	829,9	874,7	874,8	874,9	TCH
157	829,9	830	830,1	874,9	875	875,1	TCH
158	830,1	830,2	830,3	875,1	875,2	875,3	TCH
180	834,5	834,6	834,7	879,5	879,6	879,7	TCH
181	834,7	834,8	834,9	879,7	879,8	879,9	TCH
233	845,1	845,2	845,3	890,1	890,2	890,3	TCH
234	845,3	845,4	845,5	890,3	890,4	890,5	TCH
235	845,5	845,6	845,7	890,5	890,6	890,7	TCH
236	845,7	845,8	845,9	890,7	890,8	890,9	TCH
237	845,9	846	846,1	890,9	891	891,1	TCH
238	846,1	846,2	846,3	891,1	891,2	891,3	TCH

Anexo 27: Frecuencias de los canales de tráfico banda de 850 MHz

En resumen podemos decir que para la banda de 850 MHz, se cuenta con diez (10) canales de control y veintinueve (29) de tráfico.

Para la operación de los servicios móviles en la banda de los 1900 MHz, se cuenta de igual forma con unos canales de frecuencia asignados a CLARO, por parte del Ministerio de las TIC'S, los cuales se describen a continuación.

BANDA 1900 MHz	
CANALES DE TRAFICO TCH	CANALES DE CONTROL BCCH
524 – 535, 562, 584 – 597, 662 – 665	649 - 661

Anexo 28: Canales de operación CLARO Soluciones Móviles S.A., en la banda 1900 MHz.

Para la banda de 1900 MHz, se cuenta con trece (13) canales (200 KHz) de control asignados, los cuales operan en las frecuencias que se muestran en la siguiente tabla:

CANT	CANAL	UP			DOWN			USO
			Freq Central			Freq Central		
1	649	1877,5	1877,6	1877,7	1957,5	1957,6	1957,7	BCCH
2	650	1877,7	1877,8	1877,9	1957,7	1957,8	1957,9	BCCH
3	651	1877,9	1878	1878,1	1957,9	1958	1958,1	BCCH
4	652	1878,1	1878,2	1878,3	1958,1	1958,2	1958,3	BCCH
5	653	1878,3	1878,4	1878,5	1958,3	1958,4	1958,5	BCCH
6	654	1878,5	1878,6	1878,7	1958,5	1958,6	1958,7	BCCH
7	655	1878,7	1878,8	1878,9	1958,7	1958,8	1958,9	BCCH
8	656	1878,9	1879	1879,1	1958,9	1959	1959,1	BCCH
9	657	1879,1	1879,2	1879,3	1959,1	1959,2	1959,3	BCCH
10	658	1879,3	1879,4	1879,5	1959,3	1959,4	1959,5	BCCH
11	659	1879,5	1879,6	1879,7	1959,5	1959,6	1959,7	BCCH
12	660	1879,7	1879,8	1879,9	1959,7	1959,8	1959,9	BCCH
13	661	1879,9	1880	1880,1	1959,9	1960	1960,1	BCCH

Anexo 29: Frecuencias de los canales de control banda de 1900 MHz

Por otro lado los canales de tráfico concedidos son cincuenta y uno (51), y se definen en la tabla que se muestra a continuación.

CANAL	UP			DOWN			USO
		Freq Central			Freq Central		
524	1852,5	1852,6	1852,7	1932,5	1932,6	1932,7	TCH
525	1852,7	1852,8	1852,9	1932,7	1932,8	1932,9	TCH
526	1852,9	1853	1853,1	1932,9	1933	1933,1	TCH
527	1853,1	1853,2	1853,3	1933,1	1933,2	1933,3	TCH
528	1853,3	1853,4	1853,5	1933,3	1933,4	1933,5	TCH
529	1853,5	1853,6	1853,7	1933,5	1933,6	1933,7	TCH
530	1853,7	1853,8	1853,9	1933,7	1933,8	1933,9	TCH
531	1853,9	1854	1854,1	1933,9	1934	1934,1	TCH
532	1854,1	1854,2	1854,3	1934,1	1934,2	1934,3	TCH
533	1854,3	1854,4	1854,5	1934,3	1934,4	1934,5	TCH
534	1854,5	1854,6	1854,7	1934,5	1934,6	1934,7	TCH
535	1854,7	1854,8	1854,9	1934,7	1934,8	1934,9	TCH
562	1860,1	1860,2	1860,3	1940,1	1940,2	1940,3	TCH
584	1864,5	1864,6	1864,7	1944,5	1944,6	1944,7	TCH
585	1864,7	1864,8	1864,9	1944,7	1944,8	1944,9	TCH
586	1864,9	1865	1865,1	1944,9	1945	1945,1	TCH
587	1865,1	1865,2	1865,3	1945,1	1945,2	1945,3	TCH
588	1865,3	1865,4	1865,5	1945,3	1945,4	1945,5	TCH
589	1865,5	1865,6	1865,7	1945,5	1945,6	1945,7	TCH
590	1865,7	1865,8	1865,9	1945,7	1945,8	1945,9	TCH
591	1865,9	1866	1866,1	1945,9	1946	1946,1	TCH
592	1866,1	1866,2	1866,3	1946,1	1946,2	1946,3	TCH
593	1866,3	1866,4	1866,5	1946,3	1946,4	1946,5	TCH
594	1866,5	1866,6	1866,7	1946,5	1946,6	1946,7	TCH
595	1866,7	1866,8	1866,9	1946,7	1946,8	1946,9	TCH
596	1866,9	1867	1867,1	1946,9	1947	1947,1	TCH
597	1867,1	1867,2	1867,3	1947,1	1947,2	1947,3	TCH
662	1880,1	1880,2	1880,3	1960,1	1960,2	1960,3	TCH
663	1880,3	1880,4	1880,5	1960,3	1960,4	1960,5	TCH
664	1880,5	1880,6	1880,7	1960,5	1960,6	1960,7	TCH
665	1880,7	1880,8	1880,9	1960,7	1960,8	1960,9	TCH
666	1880,9	1881	1881,1	1960,9	1961	1961,1	TCH
667	1881,1	1881,2	1881,3	1961,1	1961,2	1961,3	TCH
668	1881,3	1881,4	1881,5	1961,3	1961,4	1961,5	TCH
669	1881,5	1881,6	1881,7	1961,5	1961,6	1961,7	TCH
670	1881,7	1881,8	1881,9	1961,7	1961,8	1961,9	TCH
671	1881,9	1882	1882,1	1961,9	1962	1962,1	TCH
672	1882,1	1882,2	1882,3	1962,1	1962,2	1962,3	TCH
673	1882,3	1882,4	1882,5	1962,3	1962,4	1962,5	TCH
674	1882,5	1882,6	1882,7	1962,5	1962,6	1962,7	TCH
675	1882,7	1882,8	1882,9	1962,7	1962,8	1962,9	TCH
676	1882,9	1883	1883,1	1962,9	1963	1963,1	TCH
677	1883,1	1883,2	1883,3	1963,1	1963,2	1963,3	TCH
678	1883,3	1883,4	1883,5	1963,3	1963,4	1963,5	TCH
679	1883,5	1883,6	1883,7	1963,5	1963,6	1963,7	TCH
680	1883,7	1883,8	1883,9	1963,7	1963,8	1963,9	TCH
681	1883,9	1884	1884,1	1963,9	1964	1964,1	TCH
682	1884,1	1884,2	1884,3	1964,1	1964,2	1964,3	TCH
683	1884,3	1884,4	1884,5	1964,3	1964,4	1964,5	TCH
684	1884,5	1884,6	1884,7	1964,5	1964,6	1964,7	TCH
685	1884,7	1884,8	1884,9	1964,7	1964,8	1964,9	TCH

Anexo 30: Frecuencias de los canales de tráfico banda de 1900 MHz

Análisis de Handovers, con canales de frecuencia:

A continuación se analizarán los diferentes handover efectuados entre las Cell Id, durante el recorrido de los drive test.

850	1900	850		850		850	1900	850
45042	45045	45042	65535	54098	65535	54098	45344	45341
141	649	141		180		180	535	128
143	528	143		137		137	652	133
145	589	145		233		233		
147	665	147		153		153		
131	674	131						
152	676	152						
154	678	154						
234	681	234						

Anexo 31: Fragmento de los handover realizados, en el drive test sentido Cartagena-Turbaco

En el anterior gráfico se observa el handover que se realizó entre los Cell Id, durante todo el recorrido se puede ver como la llamada se va transfiriendo de una Cell Id a otra, interactuando entre las bandas de 850 MHz y los 1900 MHz , en el fragmento se observa que entre las Cell Id 45042 y la Cell Id 54098, se presenta una anomalía cuando se hace handover a la celda 65535, la cual no hace parte de las adyacencias configuradas en estas celdas ([ver adyacencias de los Cell Id](#)), ya que esta pertenece a la red de movistar, razón por la cual se procede a verificar por que se presenta este evento en este punto del recorrido. Se puede inferir que la red móvil de Movistar está radiando en la misma frecuencia que tienen

configuradas las celdas de la red CLARO, este fenómeno incide en que la llamada se pierda debido a que el equipo móvil no encuentra un camino que le permita autenticarse en la red ya que no pertenece a esta, lo que ocasiona la pérdida de la señal.

Por otro lado se procede a analizar el tramo de bajada, sentido Turbaco-Cartagena, a continuación se presenta un fragmento de los resultados obtenidos en el drive test efectuado en este recorrido.

45341	54098	45341	45142	45042	45045	45042	45045
128	180	128	135	141	649	141	649
133	137	133	149	143	528	143	528
	233		143	145	589	145	589
	153		151	147	665	147	665
			157	131	674	131	674
				152	676	152	676
				154	678	154	678
				234	681	234	681

Anexo 32: Fragmento de los handover realizados, en el drive test sentido Turbaco-Cartagena

Se observa que entre las celdas 45142 y la celda 45042, se presenta caída de la llamada, y si se observan los canales de frecuencia configurados en estas dos Cell Id, vemos que se repite el canal de frecuencia número 143, lo cual no se debería presentar entre celdas adyacentes porque se causa un efecto de interferencia entre los canales de ambas Cell Id, esta es una de las incidencias que se tienen

en cuenta como posibles causas directas de la pérdida de la cobertura en este sector.

3.8 INCIDENCIAS QUE AFECTAN EL SERVICIO ACTUALMENTE

En base al análisis de los datos se encuentran las siguientes incidencias que afectan el servicio de telefonía móvil en la zona:

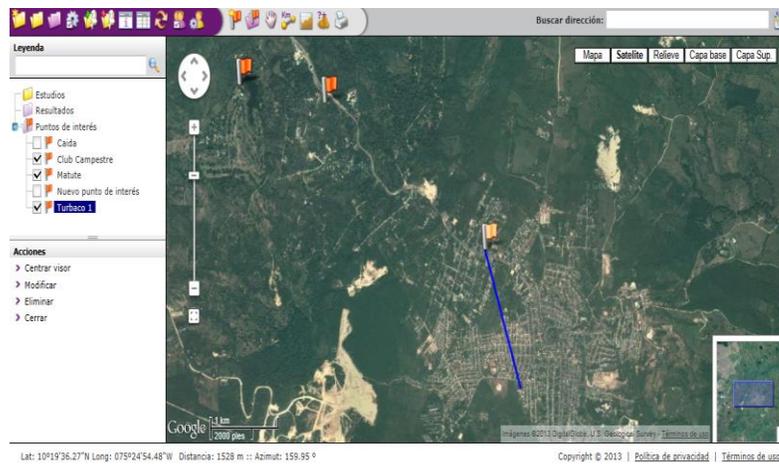
BTS_NAME	CELL ID	INCIDENCIA	SOLUCIÓN
Bol.Turbaco_1 3	44043	Esta celda (Azimuth de 230° y Tilt de 1°) a pesar de ser la más cercana al sitio donde se presentan las fallas, no hace parte del Handover en este área, mientras que la Cell ID 44042 (que tiene un azimut de 160° y Tilt de 2°), si participa aun cuando no está apuntando hacia la zona de fallas. Dentro de las posibles soluciones, se podría decir que aumentando el Tilt a unos 3° aproximadamente y aumentando el Azimuth a unos 260°, se daría cobertura al área afectada, esta solución tal vez afectaría algunos otros sectores del municipio por lo cual se deben realizar las pruebas pertinentes.	Aumentar el Tilt de la Cell ID 44043 de 1° a 3°, además de aumentar el ángulo de Azimuth de 230° a 260°.
Bol.Turbaco_1 2	44042	Esta celda está participando en los Handover que hace el móvil con llamada, aunque no está apuntando hacia el sitio donde se presentan las fallas, lo cual afecta la intensidad de la señal emitida por esta celda provocando así pérdida y	Ver solución anterior.

		caídas de llamadas en el sector donde se pierde la cobertura. Dentro de las posibles soluciones se encuentra mejorar la orientación de la celda 44043, la cual si está apuntando al sector de las fallas.	
Bol.Matute 1	44341	Esta estación cuenta con un haz que apunta a la zona de afectación, además tiene la ventaja de ser la segunda estación más próxima a este punto, pero con la limitante de las cotas del terreno, esto debido a que la altitud del punto en el cual se presentan las fallas de caída de llamada es mayor a la que se alcanza el haz que emite esta estación; esta estación actualmente cuenta con un Tilt Eléctrico de 6°, situación que sumada a la altura del terreno afecta de manera determinante la llegada del haz hasta el punto de afectación, por lo que se propone disminuir los grados de este Tilt a 3°, de tal manera que se pueda observar si con esto el haz puede alcanzar una mayor distancia lo que permitiría la solución de los inconvenientes presentados.	Disminución del Tilt de 6° a 3°, para que apunte al horizonte y de esta manera observar si se alcanza a llegar a la zona de afectación.

Tabla 1: Incidencias por cada BTS

3.9 POSIBLES SOLUCIONES MECÁNICAS

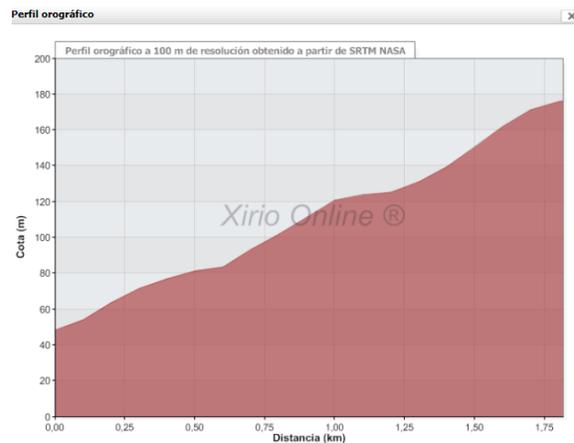
Cambio de Azimut, en la estación Bol.Turbaco_1 2: Al observar los gráficos de esta estación se puede observar que al trazar el haz con respecto al azimut, asignado (160° respecto al norte), no está llegando al área afectada en cobertura lo que produce caída de la llamada en el punto identificado, una de las posibles soluciones sería colocar un mayor ángulo de azimut de tal manera que esta estación pueda alcanzar llegar hasta la zona afectada, para esto tener en cuenta que tanto afectaría esta solución a otras áreas del municipio de Turbaco.



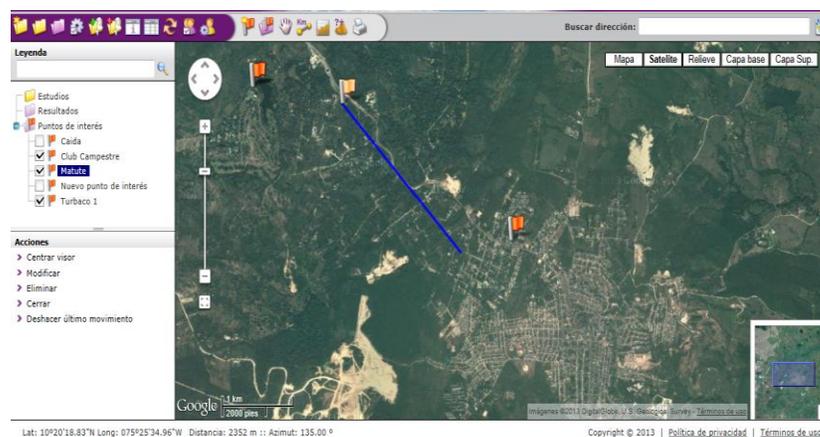
Anexo 33: Haz estación Bol.Turbaco_1 2

Cambio de Tilt, y altura en la estación, Bol.Matute A: Esta estación cuenta con un haz que apunta a la zona de afectación, además tiene la ventaja de ser la segunda estación más próxima a este punto, pero con la limitante de las cotas del terreno, esto debido a que la altitud del punto en el cual se presentan las fallas de caída de llamada es mayor a la que se alcanza el haz que emite esta estación;

esta estación actualmente cuenta con un Tilt Eléctrico de 6°, situación que sumada a la altura del terreno afecta de manera determinante la llegada del haz hasta el punto de afectación, por lo que se propone disminuir los grados de este Tilt, de tal manera que se pueda observar si con esto el haz puede alcanzar una mayor distancia lo que permitiría la solución de los inconvenientes presentados.



Anexo 34: Gráfico análisis del terreno estación Bol. Matute A



Anexo 35: Haz estación Bol. Matute A

Emplazamiento de una nueva celda en la estación Turbaco 1: Una posible solución sería ingresar una nueva celda que apunte directamente hacia el punto

de afectación lo que permitiría subsanar la situación presentada, tanto en el tramo de bajada como en el de subida.

Integración De Una Nueva Estación Base

El objetivo de integrar una nueva estación base pequeña es el de dar cobertura a una zona determinada y no tanto aumentar la capacidad de tráfico. Por ello en 2G nos vamos a decantar por tecnología GSM, gracias a la cual podremos tener un radio de cobertura mayor al tener una atenuación más baja en la distancia que la tecnología DCS (menor frecuencia, menor es la atenuación).

Los equipos que vamos a instalar serán de tipo outdoor, minimizando los costes que supondría la instalación de una caseta. Existen distintos proveedores que nos pueden facilitar una solución óptima (Ericsson, Siemens, Nokia...) pero en nuestro caso escogeremos la **NOKIA ULTRASITE EDGE BTS** la cual es una BTS de alta capacidad y de gran cobertura, que cuenta con equipos de transmisión, recepción y auxiliares. Además soporta configuración de antenas omni-direccionales y sectorizadas para aplicaciones de voz y datos. Esta BTS ofrece la posibilidad de ser usada en sistemas GSM de 1900, 800, 900 y 1800 MHz.

La BTS es el corazón de la estación cuanto al GSM se refiere. La principal función que desempeña es el tratamiento de la señal radio que se transmite a través de las antenas. Es la encargada de la modulación de la señal así como controlar la potencia de emisión. Las funciones más inteligentes como pueden ser los

handovers o la autenticación de los terminales móviles, son gestionadas desde otros elementos de la red siendo la BTS controlada por estos.

La antena que se va a usar en la nueva estación base es la **KATHREIN 742266**. Esta es la antena usada por la empresa CLARO SOLUCIONES MÓVILES S.A., la cual tiene un panel reflector que está fabricado en aluminio resistente a la intemperie. El radomo de fibra de vidrio, está fabricado en fibra de vidrio color gris los cuales son muy estables y presentan una rigidez extraordinaria ya que son resistentes a los rayos ultravioletas y aceptan pintura para fines de mimetización. Los tornillos y tuercas son hechos en acero inoxidable. Las partes metálicas de la antena así como los elementos opcionales para la instalación y los conductores internos son puestos a la tierra. Se colocaran 2 antenas en los sentidos zona de no cobertura - Matute y zona de no cobertura – Turbaco 1 para así poder dar cobertura celular a ambos lados de la zona. Estas antenas estarán a una altura de 30 mts y llevaran las siguientes características:

De la zona de no cobertura – Cartagena: tendrá un TILT de 4°, un azimuth de 135°

De la zona de no cobertura – Turbaco: tendrá un TILT de 3°, un azimuth de 260°

4 CUADRO SINÓPTICO



5 LISTADO DE EQUIPOS Y PROGRAMAS USADOS DURANTE EL DESARROLLO DEL TRABAJO INTEGRADOR

- **GPS** Marca **GARMIN**
- Equipo Móvil **SAMSUNG SIII MINI**
- Tablet **SAMSUNG NOTE 10.1 3G**
- Sistema Operativo usado en los SAMSUNG es **ANDROID**
- **RF SIGNAL TRACKER DONUT** es la aplicación gratuita usada para observar el comportamiento de la cobertura de la red.
- **GOOGLE EARTH** Utilizado para ver la localización geográfica de las zonas de no coberturas.
- **XIRIO ONLINE** esta aplicación online gratuita sirve para medir las cotas de los terrenos

6 CONCLUSIONES

- La toma de datos se realizó con equipos y software con licencia libre que aunque no eran los equipos gama alta de la empresa CLARO permiten cierta exactitud necesaria para detectar los problemas de no cobertura presentados en el área analizada.
- Con base en las pruebas de cobertura y los resultados obtenidos de estas se pudo establecer que la solución más adecuada para la evitar la pérdida de señal entre Cartagena y Turbaco se realiza integrando una nueva estación base aplicando la tecnología GSM 2G, la cual nos permitirá una mayor cobertura en todos aquellos sectores sin señal entre los puntos geográficos de estudio.

7 BIBLIOGRAFÍA

- COMUNICACIONES MÓVILES, Mónica Gorricho Moreno-Juan Luis
Gorricho Moreno.
- Manuales y guías de operación de los equipos utilizados para toma de datos: GPS GARMIN, I SAMSUNG SIII MINI, Tablet SAMSUNG NOTE 10.1 3G.
- Tutoriales de las aplicaciones usadas: ANDROID, RF SIGNAL TRACKER DONUT, GOOGLE EARTH, XIRIO ONLINE.

Sitios WEB:

- www.wikitel.info
- www.kalipedia.com
- www.telecomabc.com/b/bcch.html