

Diseño e Implementación de un Nodo_B en Guanguiltahua - Quito para la Expansión por Demanda de la Red 3G/UMTS para la CNT E.P.

Ricardo J. Cuchala

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte

Ibarra, Ecuador

rjcuchalam@utn.edu.ec

Resumen— El presente proyecto, se ha realizado con la finalidad de brindar un mejor servicio de telefonía móvil celular y garantizar la cobertura en los sectores del Batán Bajo y Batán Alto de la zona norte de Quito; a través del Diseño e Implementación de un Nodo_B, permitiendo solventar los bajos niveles de señal celular en dichos sectores.

Durante la elaboración de este proyecto, se analizó la definición de la red 3G/UMTS, así como su arquitectura y principales servicios; se realizó el drive test de RF para determinar el estado actual de los bajos niveles de señal celular en los dos sectores antes mencionados, permitiendo de esta manera seleccionar el espacio físico, edificio o estructura en el cual se implementó el Nodo_B, misma predicción del sitio nominal realizada con el software de diseño y gestión de mapa de tráfico Genex U-net; a su vez se realizó las pruebas respectivas del Nodo_B, bajo los requerimientos y necesidades en la entrega del sitio a la operadora móvil celular.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa D.I TELECOM conjuntamente con Huawei Technologies CO., LTD al dar soluciones en las TICs, facilitará a la CNT E.P el cumplimiento de sus objetivos que son: brindar servicios de calidad a sus clientes y cubrir huecos de cobertura que impiden el acceso móvil celular a usuarios; presentando como solución la expansión por demanda de la red 3G/UMTS, que permitirá brindar servicio a zonas o sectores en los cuales es limitada la cobertura celular, específicamente en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito.

La realización de este proyecto contribuirá en brindar servicios de comunicación óptima a sus usuarios y optimizar el uso del espectro radioeléctrico. Se presentan esta propuesta para dar soporte a la falta de cobertura en los sectores antes mencionados; esta oferta se enfoca en el diseño e implementación de un Nodo_B, el cual se orienta en el proyecto para la expansión por demanda de la red 3G/UMTS de la CNT E.P, esta propuesta presenta un gran beneficio ya que los equipos utilizados en este tipo de Nodo; brindan una gran flexibilidad para adherir tecnologías contiguas como es 4G-LTE y también permitiendo la interoperabilidad entre usuarios.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La tecnología 3G/UMTS conlleva aspectos importantes tales como: definición de la tecnología 3G, evolución de la tecnología móvil a través del estándar 3GPP, aspectos principales de UMTS, servicios que puede brindar UMTS, espectro utilizado en este tipo de Nodo_B, arquitectura de la red UMTS, tipo de modulación WCDMA, protocolos y elementos que conforman la red de acceso de radio (UTRAN), equipos de instalación para el Nodo_B e introducción a las antenas inteligentes usadas para este tipo de red.

A. Definición de la Tercera Generación (3G)

3G es una tecnología celular que permite comunicaciones de voz, video y datos a velocidades altas y permite servicios como navegación web y video. A su vez son sistemas móviles de tercera generación bajo el nombre de IMT-2000.

3G/UMTS es la tecnología móvil de banda ancha que es totalmente estandarizada, es decir, no propietaria. Se maneja sobre un espectro con licencia y entrega un servicio general así como movilidad absoluta. Las redes de 3G brindan mayor capacidad que las redes GSM en cuanto a que proporcionan soporte de video con calidad admisible.

La tecnología 3G manifiesta el siguiente salto evolutivo de los sistemas móviles en la cual se pretende realizar avances, con relación a la primera y segunda generación; por otro lado el estándar 3G está fuertemente atado a los primeros estándares de 2G (GSM, GPRS, EDGE).

B. IMT-2000

El estándar mundial para redes inalámbricas de Tercera Generación (3G) desarrollado y aprobado por la UIT es IMT-2000. Definido como un conjunto de recomendaciones interdependientes que constituye el marco para el acceso a nivel mundial y permite conectar diversos sistemas terrestres o por satélite.

Los objetivos de IMT-2000 son:

- ✓ Proporcionar una cobertura a nivel mundial permitiendo a las unidades móviles cambiar de sistemas y de redes.
- ✓ Uso de terminales móviles, con capacidad de largo alcance y capacidad para acceder a servicios multimedia.
- ✓ Aumento de la compatibilidad de las interfaces de radio con el fin de operar en distintos entorno o medios, tales como automóviles, personas en movimiento y en oficinas, permitiendo de esta forma utilizar una red común.
- ✓ Alta velocidad de transmisión de datos, con capacidad para soportar tanto conmutación de circuitos como de paquetes, así como sistemas multimedia. Las capacidades mínimas específicas son:
 - Entorno de vehículos: 144 kbps
 - Entorno pedestre: 384 kbps
 - Entorno en interior de oficinas : 2.048 Mbps
 - Entorno de satélite: 9.6 kbps
- ✓ Eficiencia espectral, flexibilidad en el uso y reducción de costos, como resultado de la utilización de nuevas tecnologías.

C. Evolución de los Estándares 3G

Si bien es cierto que la tecnología 3G es una mejora de generaciones posteriores a ella; también es flexible en admitir una tecnología superior como lo es 4G LTE, esto a través del grupo de estandarización 3GPP y 3GPP2, los cuales indican el proceso evolutivo de la red móvil celular tal como se visualiza en la Figura 1.

1) **3GPP**: Es el grupo agente de la estandarización de la tecnología UMTS. Fue creado en diciembre de 1998 con el principal objetivo de desarrollar las especificaciones técnicas de las redes móviles de tercera generación a partir del sistema existente GSM. 3GPP sita a los sistemas móviles de tercera generación como UMTS; para promover el uso de la Red de Acceso de Radio UMTS (UTRAN) en el IMT-2000.

2) **3GPP2**: Es la comisión encargada de la evolución de CDMA a la tercera generación, técnicamente CDMA consiente que diversos radios compartan las mismas frecuencias y puedan estar activas por un largo tiempo, ya que la capacidad de la red no limita directamente el número de radios activos.

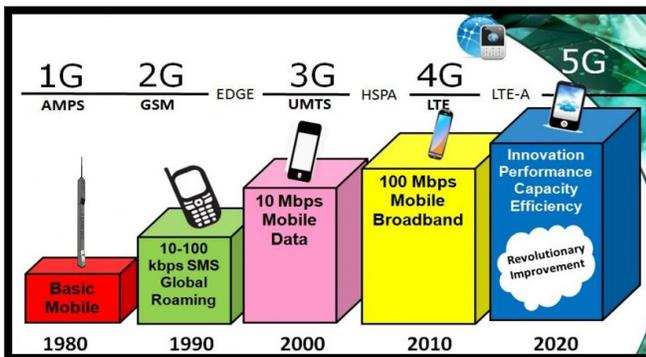


Fig. 1. Diagrama en el tiempo de la evolución tecnológica móvil y lo que vendría a futuro.

D. Características principales de UMTS

UMTS se apoya directamente con en el protocolo Internet IP, ofrece a sus usuarios telefonía de alta calidad, transmitir imágenes, comunicaciones de vídeo, así como también servicios de voz y datos.

La cobertura es limitada ya que depende de las condiciones en las que se encuentre el usuario, (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 84) afirma que las velocidades de transmisión varían dependiendo de la movilidad:

- ✓ Hasta 10 km/h (usuarios sin movilidad) = 2 Mbps.
- ✓ Sobre 100 km/h (limitada movilidad) = 384 Kbps
- ✓ A partir de 500 km/h (rápida movilidad) = 144 Kbps

Con estas velocidades existe compatibilidad con redes GPRS y EDGE en zonas donde existe cobertura UMTS y capacidad en el cambio de celda para incremento de cobertura y balance de carga, a través de la conmutación basada mayormente en paquetes, por ende las comunicaciones son menos costosas.

Las redes 3G ofrecen mayor grado de seguridad en comparación con las anteriores tecnologías 2G, al permitir al UE autenticar la red a la que se está conectando y existe integración de diferentes servicios en una sola conexión.

E. Tipos de celdas UMTS

Existen tres tipos de celdas UMTS: picoceldas, microceldas y macroceldas, cada una con características determinadas, tal como se muestra en la Figura 2.

- 1) **Macrocelas**: Ofrecen cobertura celular en grandes áreas abiertas, de entre 1 y 40 km, a una velocidad de transmisión de datos de 114 kbps.
- 2) **Microcelas**: Ofrecen cobertura celular en áreas urbanas y autopistas, un rango de entre 50 a 1000 metros, con velocidades de 384 kbps.
- 3) **Picoceldas**: Su uso es en entornos residenciales e interiores de oficinas, radios inferiores a 50 metros, con velocidades del orden de los 2 Mbps.

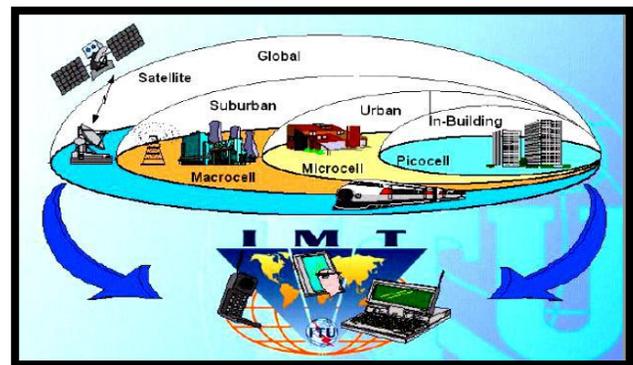


Fig. 2. Clasificación de celdas para UMTS.

F. Arquitectura de la Red UMTS

La red central común utiliza los mismos elementos de red que GPRS y GSM, y al relacionarse con una red de nueva generación, la red 3G/UMTS está conformada por un equipo de usuario, la red de acceso y la red de núcleo. Tal como se muestra en la Figura 3.

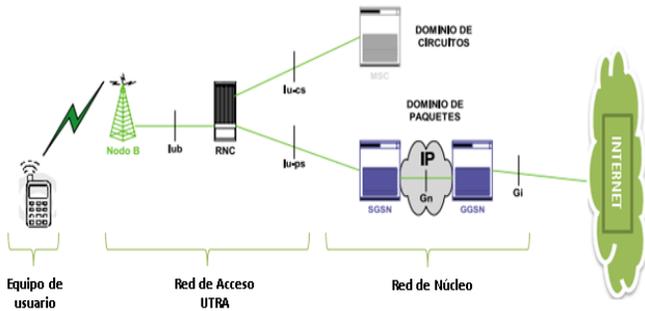


Fig. 3. Topología de la red 3G-UMTS/HSPA+.

1) *Equipo de Usuario (UE)*: El UE o dispositivo móvil tiene como función establecer la comunicación con el *Nodo_B*, en zonas donde existe cobertura; puede variar en forma y tamaño, también debe ser adecuado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. En este caso, si un UE opera con en el estándar UMTS, debe ser competente para acceder a la red UTRAN a través de la tecnología WCDMA, permitiendo la comunicación entre dispositivos móviles, comunicación con la ISDN, la PSTN o sistemas como GSM de 2.5G, para obtener servicios de voz y datos.

2) *Red de acceso de radio UMTS (UTRAN)*: Permite establecer la conexión entre los equipos de usuario y la red de núcleo, UTRAN está constituida por varios elementos, entre ellos se encuentran, el *Nodo_B* y la *RNC*, dichos elementos permiten el control y acceso a los servicios de voz y datos según los requerimientos establecidos por el *Nodo_B* y solicitados por el UE.

3) *Nodo_B*: El *Nodo_B* es el equivalente en UMTS a la Estación Transmisora Receptora Base de GSM; el *Nodo_B* brinda servicio a una o más celdas, dependiendo a la zona de cobertura que desea alcanzar.

Las funciones que cumple el *Nodo_B* son:

- ✓ El control de potencia de lazo cerrado en el Up Link.
- ✓ Reportar las mediciones de la interferencia en el Up Link y la información de la potencia en el enlace Down Link.
- ✓ Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el *RNC*.
- ✓ Mapeo de los recursos lógicos del *Nodo_B* en los recursos de Hardware.

4) *Control de la Red de Radio (RNC)*: En el caso de la red 3G-UMTS, se tiene una sola *RNC* que controla uno o varios *Nodo_B*. El *RNC* gestiona y controla la información transmitida al *Nodo_B* a través de la Interfaz *Iub*. A su vez gestiona los servicios de voz y datos

conmutados por la Red de Núcleo, mismo enlace se realiza mediante las interfaces principales *Iu-cs* e *Iu-ps*.

Las funciones del *RNC* son:

- ✓ Control de potencia de lazo abierto para Up Link.
- ✓ Control de potencia para Down Link.
- ✓ Manejo de reportes.
- ✓ Manejo de los recursos de transporte de la interfaz *Iu*.
- ✓ Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- ✓ Manejo de Tráfico en los canales comunes y compartidos.
- ✓ Modificación del grupo activo de celdas (Cambio de celda)

5) *Red de Núcleo (CN)*: La red de núcleo se encarga de gestionar los servicios de voz y datos, a través de la utilización de dos elementos tales como son: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

6) *Central de Conmutación Móvil (MSC)*: La *MSC* se encarga de los procesos basados en conmutación de circuitos (cs), misma usada en sistemas GSM como UMTS. A su vez, se conecta a la red de acceso GSM y a la red UTRAN a través de la interfaz *Iu-cs*.

Sus principales funciones son:

- ✓ Coordinación en la organización de llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un *MSC*.
- ✓ Asignación dinámica de recursos
- ✓ Registro de ubicación.
- ✓ Funciones de interoperabilidad con otro tipo de redes.
- ✓ Manejo de los procesos de cambio de celda.
- ✓ Colectar los datos para el centro de facturación.
- ✓ Manejo de parámetros para la encriptación.
- ✓ Intercambio de señalización entre las distintas interfaces.
- ✓ Manejo de la asignación de frecuencias en el área del *MSC*.

7) *Nodo de Soporte del Servicio GPRS (SGSN)*: El *SGSN* su función se caracteriza en la movilidad del equipo de usuario, además de proveer el acceso a la red de datos móviles, desde el internet, a su vez autentifica y asigna la mejor calidad del servicio a cada equipo de usuario.

El *SGSN* realiza las funciones basadas en conmutación de paquetes son:

- ✓ Contiene la información de suscripción de usuarios.
- ✓ La información de ubicación y el área en la que el móvil está registrado.
- ✓ Mantiene actualizada la posición de las estaciones móviles dentro de su área.
- ✓ Retransmisión de los datos entre el terminal GPRS y el *SGSN*.

8) *Nodo de Soporte de Puerta de Enlace GPRS (GGSN)*: El *GGSN* es la puerta de enlace o punto central de conexión entre la estación móvil con redes externas que puede ser internet o una red

corporativa, a través de la conmutación de paquetes, teniendo como características principales son:

- ✓ Recibir datos externos desde la Internet y enviarlos hacia la SGSN que controla el terminal a través de la red de núcleo mediante el protocolo de túnel GPRS.
- ✓ Recibir datos de señalización desde la red de núcleo y configurar la operación correspondiente.
- ✓ Realiza el control del túnel de datos, el manejo de las direcciones IP.
- ✓ La recolección y salida de los ficheros de tarificación.
- ✓ El control de la seguridad, encaminamiento de paquetes y la gestión de la calidad de servicio.

9) Interfaces que intervienen en la Red 3G/UMTS

Las interfaces en el sistema UMTS siguen la convención GSM/GPRS y se clasifican de acuerdo a las funciones que desempeñan en la arquitectura 3G/UMTS.

- a) **Interfaz Iub:** Esta interfaz está situada entre la RNC y el Nodo_B en el UTRAN, para soportar servicios de voz y datos ofrecidos a los usuarios o suscriptores UMTS.
- b) **Interfaz Iu:** Esta interfaz conecta el núcleo de red con el UTRAN, la cual es considerada como un punto de referencia y la más principal para el concepto de 3GPP. La interfaz Iu puede tener dos tipos de instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red de núcleo, todo dependiendo si se refiere de una red basada en: conmutación de circuitos o conmutación de paquetes.
- c) **Interfaz Iu-cs:** Esta interfaz interviene en el enlace entre el UTRAN y el MSC, es únicamente para la conmutación de circuitos, misma que es utilizada para la transmisión del servicio de voz hacia el equipo de usuario.
- d) **Interfaz Iu-ps:** Esta interfaz se encarga de conectar el UTRAN con el SGSN, es únicamente para la conmutación de paquetes, misma que es utilizada para la transmisión del servicio de datos hacia el equipo de usuario.

10) **Interfaz MAP:** Las interfaces que existen entre algunos elementos del núcleo de red son llamadas interfaces MAP y son utilizadas como protocolos de señalización, tales como:

- a) **Interfaz Gn:** Esta interfaz se encuentra ubicada entre SGSN y GGSN, misma interfaz es utilizada para soportar la movilidad entre SGSN y GGSN. En esta interfaz se emplea el protocolo de túnel GPRS basado en IP, para llevar datos de usuario y señalización. Puede tener diferentes configuraciones para los canales físicos asociado a la interfaz Gn tales como: Ethernet, ATM, entre otros.
- b) **Interfaz Gi:** Esta interfaz está presente solamente en el GGSN. Es la interfaz mediante la cual se accede a las redes de datos externas y en las especificaciones se definen los siguientes protocolos: IPv4, IPv6 y X25.

G. Características de la Técnica de Acceso al medio WCDMA

Dentro de este campo WCDMA son:

- ✓ Soporte de alta tasa de transmisión de datos: 384 Kbps con amplia zona de cobertura, y 2 Mbps, con cobertura local.
- ✓ Alta flexibilidad de servicio: Con soporte de múltiples servicios paralelos a tasa variable en cada conexión.
- ✓ Construido en soporte para futura capacidad y cobertura reforzada, como tecnologías con antenas adaptivas, estructuras avanzadas de recepción y diversidad de transmisión.
- ✓ Eficiente acceso a paquetes y soporte de FDD y TDD.

H. Especificaciones de WCDMA

La tasa de chip podrá ampliarse a dos o tres veces el estándar de 3.84 Mbps para dar cabida a velocidades de datos superiores a los 2 Mbps. Es por ello que se detalla a continuación en la Tabla 1 las especificaciones técnicas de WCDMA.

Tab.1 Especificaciones Técnicas de WCDMA

ESQUEMA DE ACCESO MÚLTIPLE	DS-SSSS
ESQUEMA DE DUPLEXACIÓN	FDD/TDD
PAQUETE DE ACCESO MODO DUAL	Canal combinado y dedicado
ESQUEMA DE TASA MULTI RATE/VARIABLE	La difusión de factor expandido variable y multi-código
CHIP RATE	3.84 Mbps
PORTADORA ESPACIADA	4.4 – 5.2 MHz (200 KHz portador)
LONGITUD DE TRAMA	4.4 – 5.2 MHz (200 KHz portador)
SINCRONIZACIÓN INTER BASE ESTACIÓN	FDD: No se necesita sincronización TDD: Sincronización necesaria

I. Pérdida de Retorno (RL)

La pérdida de retorno es una medida de la energía reflejada de una señal transmitida y es expresada en dB, cuanto mayor sea este valor, mejor. Las reflexiones se producen debido a una mala adaptación de impedancias en el conector, de un estado defectuoso del cable, una mala fabricación o una carga inapropiada. También se produce por la pérdida de potencia en la señal reflejada por una discontinuidad en la línea de transmisión o de fibra óptica.

J. Relación de Voltaje de onda Reflejada (VSWR)

En una línea de transmisión es un parámetro que indica la relación entre los valores de tensión máxima y mínima de un patrón de onda reflejada. El VSWR es un valor especial del SWR, que es conocido también como ROE (Relación de Onda Estacionaria). El VSWR es una medida del desacoplamiento de impedancia entre la línea de transmisión y su carga. Cuanto mayor es el VSWR, mayor será la discrepancia. El valor mínimo del VSWR, es decir la condición por que las impedancias de la línea de transmisión y la carga son unidas perfectamente, es igual a 1.

El VSWR al ser la pérdida de onda reflejada, se analiza como una medida de desadaptación entre la impedancia del transmisor y de la antena, es por ello que si existe un mayor VSWR, es peor la adaptación. Al tomar en cuenta estas pérdidas en las líneas de transmisión, se analiza que al no existir onda reflejada ($|\Gamma|=0$), esto quiere decir que hay una adaptación perfecta, dando como resultado un VSWR=1.

III. INGENIERÍA DE PROYECTO

Para la ejecución de la Ingeniería del proyecto se ha realizado un diagrama a seguir, el cual muestra cada proceso que conlleva el desarrollo y culminación del proyecto, tal como se muestra en la Figura 4.

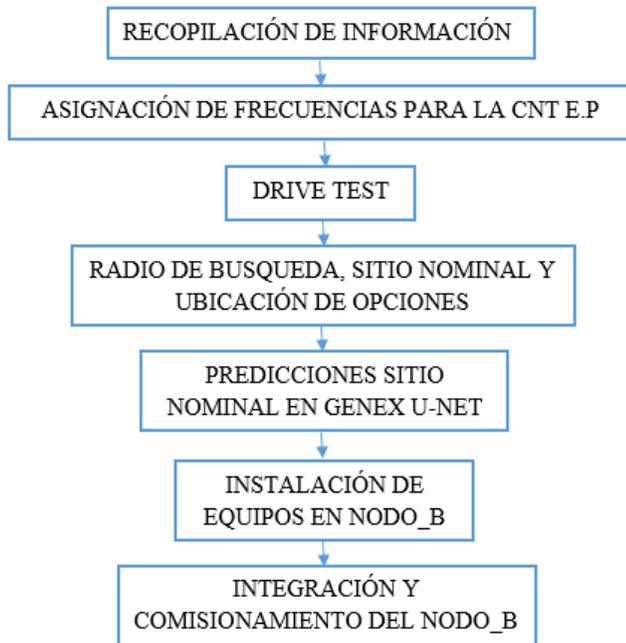


Fig. 4. Diagrama a Seguir Para el Desarrollo de Ingeniería.

A. Asignación de las Bandas de Frecuencias para la CNT E.P.

Tomando en cuenta que el espectro radioeléctrico es un recurso natural del Estado ecuatoriano se ha formado un Plan Nacional de Frecuencias, el cual es el encargado de organizar y distribuir de mejor manera el espectro radioeléctrico, con el fin de brindar mayor beneficio a los usuarios. De acuerdo a este Plan Nacional de Frecuencias ARCOTEL se ha distribuido a la operadora CNT E.P de acuerdo a la Tabla 2.

Tab. 2. Bandas de frecuencia para la CNT E.P.

Banda (MHz)	Frecuencia	
	Up Link (MHz)	Down Link (MHz)
1900	1890.0–1910.0	1970.0–1990.0
850	835.0–849.0	880.0–894.0

Los rangos de frecuencia que se asignan en las bandas de 850 a 1900 MHz se dividen en dos bandas: la frecuencia Down Link (DL) que corresponde a la frecuencia más alta, utilizada para descargar datos en el dispositivo móvil; y la frecuencia Up Link (UL) que es de menor valor y utilizada en el dispositivo móvil para el envío de datos a la estación base. Por lo tanto la frecuencia a utilizar en el proyecto de tesis es con portadora UMTS 1900MHz.

Mediante la resolución ARCOTEL-2015-000100 de octubre 2015, se mantiene la asignación de la banda de frecuencia de 1900MHz para los cooperadores de telefonía celular CNT E.P Y OTECEL S.A. De acuerdo a resolución TEL-738-26-CONATEL-2014, se mantiene la extensión del Contrato de Alquiler del Espectro Radioeléctrico en las mismas condiciones autorizadas por la CONATEL, tal como se estipula en los artículos siguientes:

“ARTÍCULO UNO.- Con el propósito de garantizar la continuidad y calidad en la prestación del servicio y fundamentada en lo dispuesto en la Resolución TEL-738-26-CONATEL-2014, prorrogar la vigencia de los Contratos de Alquiler del Espectro Radioeléctrico y de Roaming Nacional suscritos entre CNT EP. y OTECEL S.A, con las mismas condiciones técnicas, económicas y comerciales que pactaron la CNT E.P y OTECEL S.A, el 30 de abril de 2014, por un plazo de seis meses contados a partir del vencimiento del plazo otorgado por el CONATEL en la mencionada Resolución.

ARTÍCULO DOS.- La prórroga de la vigencia de los contratos podrá finalizar cuando exista un acuerdo o una disposición de Roaming Nacional automático en el caso del Contrato de Roaming Nacional y cuando OTECEL S.A deje de utilizar el espectro que alquila a la CNT E.P en el caso del contrato de alquiler del Espectro Radioeléctrico. En ejercicio de sus competencias y atribuciones, la Superintendencia ha realizado los monitoreos y verificaciones respectivas en el bloqueo de frecuencias C-C (1905-1910 MHz y 1985-1990 MHz) con el propósito de determinar las Radio Bases 1900 MHz de OTECEL SA, que se encuentran haciendo uso del espectro alquilado a la CNT EP., determinándose que la operadora OTECEL SA., a nivel nacional tiene 270 Radiobases que operan en las bandas indicadas, y que por lo tanto sigue utilizando el espectro que fuera alquilado a la CNT EP.” (ARCOTEL, 2015)

B. Drive Test de RF

Las pruebas de Drive Test se realizan con la finalidad de optimizar la cobertura de la red móvil, para de esta manera poder resolver problemas reportados por clientes debido a cortes o caídas de las llamadas realizadas en una zona determinada.

Los elementos que intervienen en el drive test de RF son visualizados en la Figura 5, los cuales son:

1. Computador portátil con software de muestreo
2. Dos teléfonos 3G
3. Modem 3G
4. Scanner con:
 - a. Antena RF
 - b. GPS

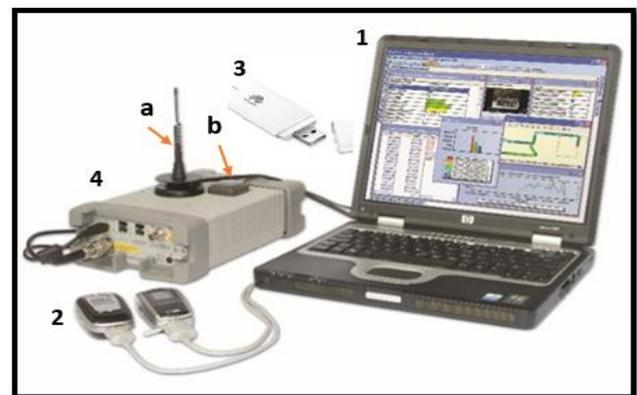


Figura 5. Elementos para Drive Test de RF

C. Ubicación de la Zona de Análisis

Los sectores del Batan Alto y Batan Bajo se encuentran ubicados en la Provincia de Pichincha, en la zona Norte de la ciudad de Quito, como se aprecia en la Figura 6, las zonas del Batan Alto y Batan Bajo no tienen la presencia de ningún Nodo_B, por lo tanto se realiza un drive test de RF en toda la zona para visualizar de manera clara el estado actual de la red incluyendo la posible ubicación del Nodo_B.



Fig. 6. Análisis de Cobertura en las zonas del Batan alto y Batan bajo.

D. Ruta de Prueba de Drive Test de RF

Para establecer la zona de cobertura del Nodo_B Gualguiltahua propuesto se utiliza el drive test de RF, mismo que permite determinar las rutas relevantes, las mismas que se encuentra definida dentro de la zona de cobertura del Nodo_B propuesto y sus Nodo_B vecinos. En la Figura 7 se muestra las rutas a seguir, considerando para el sector 1 la orientación Norte-Sur y Sur-Norte para el sector 2, pasando por las vías correspondientes al Sector 1 pertenecientes al Batan Alto tales como: vía Eloy Alfaro, Fernando Ayala, Portugal, José Queri, Tomás Bermont, Guanguiltahua, Granados, entre otras el cual cubre una distancia de 830m hacia el primer punto estratégico que corresponde a la concesionaria Peugeot y las vías correspondientes al sector 2 pertenecientes al Batán Bajo como son: vía Suiza, Holanda, Checoslovaquia, Portugal, El Universo, Pasaje el Sol, Gaspar de Villarroel, República del Salvador, entre otras el cual cubre una distancia de 430m hacia el segundo punto estratégico que corresponde a una Unidad Educativa; esta distancia de 430 m es menor al sector 1, debido a la existencia de una zona montañosa.



Fig. 7. Ruta de Prueba del Drive Test de RF.

E. Radio de Búsqueda, Sitio Nominal y Ubicación de Opciones

Para la obtención de la ubicación del sitio como primer paso se toma en cuenta la utilización de la herramienta Google Earth, ya que nos permite visualizar de forma geográfica los sectores a los que se va dar cobertura, ubicando los puntos más estratégicos para poder cubrir los huecos de cobertura que se dan en los Sectores del Batan Alto y Batan Bajo de la zona norte de Quito, conjuntamente con el apoyo de un equipo de personas que conforman las cuatro áreas importantes como son: Radio Frecuencia o RF, Transmisión, Obra Civil, Energía y adicionalmente el negociador el cual realiza la documentación necesaria para el alquiler del espacio físico donde será posible la instalación de equipos para el nuevo Nodo_B; tomando en cuenta que el criterio de RF es el que predomina en el cumplimiento de los objetivos de cobertura, el cual es solventar los bajos niveles de señal celular.

En la Figura 8 se puede visualizar la OPC1 y OPC2, los cuales fueron escogidos por tener un área o espacio disponible para la instalación de equipos, además de cumplir con los objetivos de cobertura de RF.



Fig. 8. Radio de búsqueda, sitio nominal y ubicación de opciones

F. Elección del Sitio Nominal

Se eligió la OPC1; ya que no existe ningún inconveniente con la elección del sitio, ya que su objetivo es mejorar la cobertura en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito; para ello se recomienda instalar dos antenas sectoriales con ángulos de azimuth de 80° y 160° ; los cuales fueron escogidos, ya que cumplen con línea de vista y permiten cubrir en su totalidad los puntos estratégicos; para el sector 1 (Peugeot) y para el sector 2 (Unidad Educativa).

G. Predicción de Cobertura del Sitio Nominal Elegido

Este proceso de predicciones de cobertura para cada opción elegida seleccionados en el proceso de búsqueda, se las realiza con la ayuda del software GENEX U-NET, mismo que permite simular el comportamiento de cada opción elegida, de esta manera poder seleccionar cuál de las dos opciones es el mejor punto de instalación.

1) Tilt Mecánico

Es la inclinación física de la antena, es decir que posee una inclinación sobre un eje donde se apoya el elemento radiante, el

cual técnicamente se denomina erraje. Se tiene tilt positivo como tilt negativo.

2) Tilt Eléctrico

Es la inclinación no física, es decir es una variación de la fase de la señal transmitida. Se caracteriza por concentrar la energía transmitida hacia el centro de radiación y por solo tener Downtilt. El ángulo de inclinación de la fase de la señal transmitida se la modifica manualmente de la perrilla que se encuentra en la parte inferior de la antena, como también dependiendo de los puntos estratégicos solicitados por la operadora, en el primer caso que es el sector 1, el punto estratégico es la concesionaria Peugeot y en el segundo caso que es el sector 2, el punto estratégico es una Institución Educativa.

3) Azimuth

El azimuth se lo determina en una inspección al nuevo Nodo_B, este proceso se lo realiza direccionando la brújula a los objetivos planteados; para el cálculo del ángulo de Azimuth una vez ubicados las opciones sobre Google Earth que se visualiza en la Figura 9; desde la OPC1 trazo la línea Norte y las líneas de mayor prioridad que son los puntos estratégicos para los dos sectores, dependiendo de los requerimientos del cliente – operador, mismos que cumplan con los objetivos de cobertura. Para verificar la exactitud de los ángulos se mide con la ayuda de un graduador digital sobre la zona geográfica proyectada por Google Earth, el cual permite verificar con respecto a la línea Norte que ángulos corresponden a las líneas trazadas en los dos sectores, mismos ángulos de azimuth medidos son: para el sector 1 80° y para el sector 2 160°.

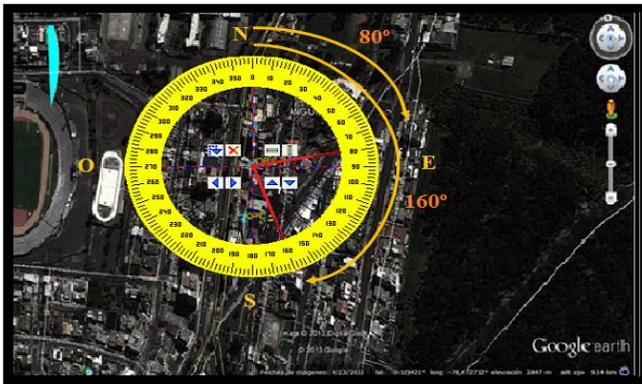


Fig. 9. Orientación horizontal de Ázimuth desde el punto cardinal norte de 0 a 360 grados

H. Modelo de Propagación Estándar (SPM)

El modelo de propagación estándar es un modelo que se deduce a partir de la fórmula del modelo Hata, este modelo es especialmente usado dentro del rango de frecuencias entre 150MHz ~ 3500MHz, para distancias de 1 a 20 km, y es muy adecuado para tecnologías como GSM900/1800, UMTS, CDMA2000, WiMAX y LTE, se calcula a través de la Ecuación 1:

$$P_R = P_{Tx} + G_{Tx} - (K_1 + K_2 \log(d) + K_3 \log(H_{T_{xeff}}) + K_4 \text{Diffraction } n\text{Loss} + K_5 \log(d) \log(H_{T_{xeff}}) + K_6 H_{R_{xeff}} + K_7 \log(H_{R_{xeff}}) + K_{clutter} f(clutter) + K_{hill,LOS} \quad (\text{Ec.1})$$

Este modelo utiliza el perfil del terreno, los mecanismos de difracción y tiene en cuenta las clases de ocupación del suelo (Clutter) y las alturas efectivas de las antenas con el fin de calcular la pérdida

de trayectoria (path loss). La precisión del modelo SPM se basa generalmente en torno a la modificación de factores K_n , los cuales están definidos por la herramienta de predicción GNET U-net, la Tabla 2 muestra algunos posibles valores para las constantes utilizadas en la fórmula del modelo SPM

Tab.2. Valores de factores multiplicativos SPM (Densamente Urbano)

Parámetros	Mínimo	Valor Típico	Máximo
K1	Variable	Variable	Variable
K2	20	44.9	70
K3	-20	5.83	20
K4	0	0.5	0.8
K5	-10	-6.55	0
K6	-1	0	0
K7	-10	0	0

K1 es una constante y su valor depende de la frecuencia de radio. Su valor tiene gran influencia en los valores dados a las pérdidas de clutter como se puede ver en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tab.3. Descripción de las pérdidas de clutter.

Frecuencia (MHz)	K1
935	12.5
1805	22
1930	23
2110	23.8
1900	23
2300	24.7
2500	25.4
2700	26.1
3300	27.8
3500	28.3

Tab.4. Descripción de las pérdidas de clutter

Pérdidas de Clutter	fclutter
Denso Urbano (Edificios mayores a 7 pisos)	4 a 5 (Valor a considerar 4)
Bosque	2 a 3
Urbano (Edificios más pequeños con calles pequeñas y medianas)	0
Suburbano (Con pequeños edificios)	-5 a -3
Industrial	-5 a -3
Abierto en zonas urbanas	-6 a -4
Abierto	-12 a -10
Agua	-14 a -12

Reemplazando los valores,

$$P_{Tx} = -91 - 18 + (23 + 44.9 \log(1000) + 5.83 \log(30) + 0.5 (0) - 6.55 \log(1000) \log(30) + 0 (2) + 0 \log(2) + 1 (4) + 0)$$

$$P_{Tx} = -91 - 18 + (23 + 134.92 + 8.95 + 0 - 29.02 + 0 + 0 + 4 + 0)$$

$$P_{Tx} = -91 - 18 + 141,85$$

$$P_{Tx} = 32.85 \approx 33 \text{ dBm}$$

Para obtener la conversión de 33dBm to watts, se realiza a través de la Ecuación 2:

$$P_{(w)} = 1W \cdot 10^{(33\text{dBm}/10)} / 1000 = 1.99 \text{ W} \approx 2 \text{ W} \quad (\text{Ec.2})$$

$$P_{Tx} = 33 \text{ dBm} = 2 \text{ W}$$

I. Cálculo del Área de Cobertura de la Celda del Nodo_B

Para verificar el área de cobertura que posee la celda del Nodo_B planteado, se utiliza el modelo de propagación SPM por lo tanto de acuerdo a la Ecuación 1, se despeja el parámetro “d”, el cual representa el radio de cobertura de la celda. El procedimiento de despeje de la variable “d” y reemplazando los valores obtenidos, se presenta a continuación:

$$d = 10^{\{(-33 - 18 - (-91) + 23 - 8.61 - 0.5(0) - 0.5(0) - 1(4) - 0)/(44.9 + 9.67)\}}$$

$$d = 10^{\{0.92\}}$$

$d = 8.31 \text{ Km}$; Radio de cobertura de la celda del Nodo_B

Por lo tanto, el área de cobertura de la celda del Nodo_B, se calcula a través de la Ecuación 3, y visualizado en la Figura 10.

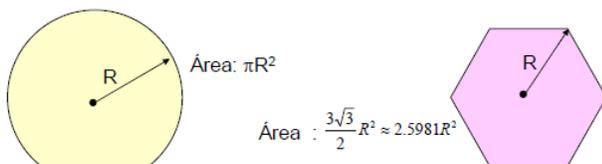


Fig.10. Área de Cobertura para una Celda Celular

$$\text{Área} = 2.5981 * R^2 \quad (\text{Ec.3})$$

Reemplazando el radio calculado de la celda del Nodo_B propuesto, se tiene:

$$\text{Área} = 2.5981 * 8.31^2$$

Área = 21.59 Km²; Área de cobertura de la celda del Nodo_B

J. Presupuesto del Enlace “Link Budget”

Link Budget son los parámetros iniciales para que la nueva estación que entra a la red se acople y pueda funcionar correctamente con su entorno, los parámetros de celda del nuevo Nodo_B, los parámetros de potencia y CPICH son los que se configuran en la herramienta de predicción.

Es una forma de calificar el rendimiento de la transmisión, se resume como la contabilidad de todas las ganancias y pérdidas ocurridas a través del medio de transmisión, indica el desempeño que el nuevo sistema de radio llevará a cabo cuando se implemente sobre

las estaciones bases existentes diseñadas bajo tecnología UMTS/HSPA+.

K. Resultados Link Budget

Los resultados obtenidos en la Tabla 5, son básicamente los requerimientos solicitados por el operador de telefonía móvil celular, para el diseño de la red 3G de tal manera que el proceso de diseño se basará en ésta información.

Tab.5. Resultados obtenidos Link Budget en la banda 1900 MHz.

LINK BUDGET		
Escenario	DENSAMENTE URBANO	
Tecnología	UMTS	
Tipo de Ambiente	OUTDOOR	
Ancho de banda (MHz)	5	
EQUIPO DE USUARIO		
Potencia de Recepción	-90	dBm
Ganancia de Antena	0	dBi
Pérdidas del cuerpo	3	dB
Sensibilidad de receptor	-110,43	dBm
NODO_B		
Potencia de Transmisión del Canal CPICH	33	dBm
Potencia de Transmisión Máxima del Nodo_B	43	dBm
Factor de ruido	4	dB
Potencia de Ruido térmico	-81,86	dBm
Factor de Carga	50	%
Margen de Interferencia	3,01	dB
Ruido de Fondo	-74,85	dBm
Requerimientos Eb/No	4.50	dB
EIRP	50,2	dBm
Ganancia del Proceso	37,07	dB
Ganancia de Antena	18	dBi
Pérdida por Cable y Conector	0.8	dB
Margen de Desvanecimiento	10.3	dB
Desvanecimiento Multitrayecto	1.45	dB
Ganancia SHO	4	dB
Desviación estándar por sombra o Desviación estándar compuesta	8	dB
Pérdidas de Penetración	15	dB
Margen de Fluctuación de Carga	0,5	dB

Posteriormente estos valores serán tomados directamente en el software de predicción que nos interpreta mediante gráficas la planeación de cobertura que se tendrá para la red 3G/UMTS de nuestro diseño.

L. Predicción de Cobertura RF UMTS de la OPC1

Para la OPC1 se ha determinado los valores de la Tabla 5, valores que son óptimos para el cumplimiento de los objetivos de cobertura en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito.

La Figura 11 representa el comportamiento de los niveles de cobertura del Nodo_B, sin la presencia de las zonas de cobertura de los Nodo_B vecinos. La interpretación del gráfico depende de la leyenda obtenida en el análisis de cobertura de RSCP realizado en el drive test de RF, para lo cual; nos indica que el color verde es la zona de cobertura más óptica en la recepción de la señal, tanto el nivel de potencia recibida RSCP, la calidad de la señal Ec/Io y mínimas tasas de error BLER, el color azul determina las señales muy aceptables en donde los servicios de voz y datos aceptables para el UE, el color celeste determina niveles de potencia de recepción del UE mínimos, pero si otorgan la calidad de los servicios de voz y datos, el color amarillo determina los niveles no aceptables en la recepción de la señal, produciendo pérdida de cobertura y fallo en acceso a los servicios de voz y datos; finalmente el color rojo determina señales degradadas; las cuales son pérdida total de la señal, y el color plomo es la zona 1 de exclusión donde se identifica una zona montañosa, determinada por la irregularidad del terreno y falta de línea de vista.

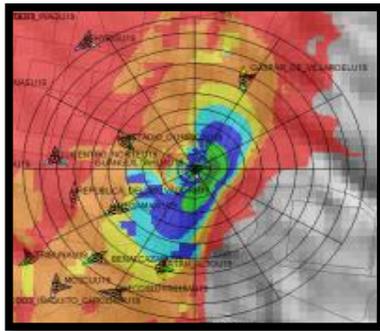


Fig.11. Niveles de Cobertura Nodo_B.

La Figura 12. Representa el comportamiento de los niveles de cobertura incluidos los Nodo_B vecinos, como también se visualiza y determina que no existe sobre-lapamiento entre las celdas de los Nodo_B vecinos.

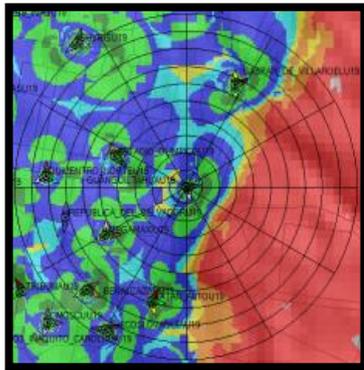


Fig.12. Niveles de Cobertura incluido los Nodo_B vecinos.

M. Implementación del Nodo_B

Para un mejor entendimiento de los requerimientos necesarios para la implementación del nuevo Nodo_B, se ha realizado un esquema o flujograma visualizado en la Figura 13; su contenido inicia con un plan de red UMTS que se encuentra de acuerdo a los requerimientos del operador de telefonía móvil celular, el cual se identifica con celdas 3G para los dispositivos móviles o UE; considerando que se realiza un análisis de cobertura a través del drive test de RF, el cual determina los huecos de cobertura en zonas con bajos niveles de señales celulares. Permitiendo establecer la búsqueda de un sitio u opción donde sea posible la implementación del nuevo Nodo_B que cumpla con los objetivos de RF y el neto acuerdo entre todas las áreas de interés para

el proyecto. Si el análisis realizado en sitio es el más adecuado a nivel de ingeniería se procede en la elaboración de un Technical Site Survey (TSS), mediante el cual muestra los datos obtenidos en la inspección de campo, permitiendo verificar las dimensiones de los elementos estructurales así como el estado en el que se encuentra la edificación, la cual posee buenas condiciones de servicio.

Los estudios realizados por obra civil, se obtiene que la estructura si tiene capacidad suficiente para soportar las cargas gravitacionales y sobrecargas provenientes de la instalación de los equipos de telecomunicaciones como: Mini Shelter, Antenas de RF y las RRU correspondientes, que se hallan soportadas en dos mástiles de 3m, los cuales se encuentran fijos y ubicados en las columnas de la terraza o tapa grada de la estructura del edificio, y principalmente cumpliendo con los objetivos de cobertura y línea de vista, tomando en cuenta la utilización de tres tipos de altura en mástiles que varían entre 3, 6 y 9 metros, el requerimiento de la altura a utilizar depende única y principalmente de la línea de vista que exista en la zona de cobertura que se desea alcanzar; análisis que se verifica en la sesión fotográfica realizada en la terraza cada 30°, por lo tanto al contar con línea de vista se utiliza únicamente mástiles de 3m. En consideración que la estructura tiene la capacidad suficiente para resistir una carga sísmica equivalente al 10% de su propio peso, y adicionalmente vientos de 120 Km/h aplicados sobre la estructura, incluyendo el posicionamientos de equipos de acuerdo a la resistencia del piso de la terraza, este análisis son aplicados sobre la estructura en base a lo descrito en la Norma ANSI/TIA 222F, que constituye como la mayor carga horizontal que pudiera ser aplicada sobre ella. En el caso de instalar nuevos equipos se debe realizar un nuevo análisis estructural.

Al instalar todos los equipos de telecomunicaciones, se realiza el comisionamiento e integración del nuevo Nodo_B, que permite la comunicación con la RNC, la MPLS de la operadora 3G, la transmisión y recepción de señales celulares correspondientes a las celdas 3G/UMTS; al culminar el proceso de comisionamiento se efectúa la entrega del sitio a través de un Protocol Test Acceptance (ATP), documento en el cual se analizan todos los equipos de telecomunicaciones instalados y operativos, con sus respectivas pruebas de funcionamiento; si este proceso de entrega no se encuentra de acuerdo con los requerimientos del operador, el sitio no se acepta dando como resultado una prórroga de entrega de 15 días; volviendo a realizar el comisionamiento del Nodo_B y verificando si cada uno de los equipos instalados se encuentran con errores. Al verificar todos los inconvenientes presentados en la primera visita, se realiza una nueva visita en la cual el operador confirma si el Nodo_B cumple con los requerimientos necesarios para la entrega, si es exitosa se determina como requerimientos del nuevo Nodo_B alcanzados.

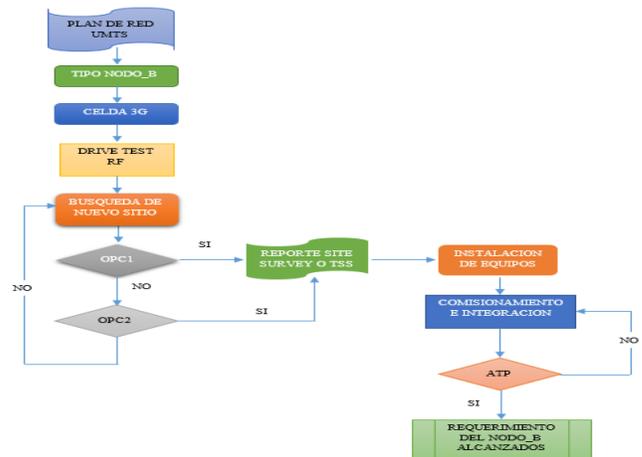


Fig.13. Flujograma de los requerimientos necesarios para la implementación de un Nodo_B

IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En el Rack Huawei Minishelter se realizó el Acceptance Test Protocol (ATP) de comisionamiento e integración y Acceptance Test Protocol (ATP) de instalación, mismos que en los siguientes apartados se muestra la respectiva configuración realizada en el equipo; posteriormente en los mástiles como soportes de las antenas sectoriales se realizó el Acceptance Test Protocol (ATP) del sistema radiante.

A. Verificación de Direcciones IP

Como primera prueba se verificar las direcciones IP configuradas en los puertos de transmisión Fast Ethernet, este proceso se lo realiza ejecutando el comando LST DEVIP.

Al realizar este procedimiento se visualiza las direcciones IP configuradas en el puerto FE/GE de la BBU3900 directamente en las tarjetas WMPT/UTRP, subrack 0, slot 0 y puerto 0.

Para comprobar que las pruebas de Ping son exitosas se ejecutan desde el software LMT, dentro del cual se verifica las siguientes conexiones exitosas entre:

- 1) La IP de Servicio con la RNC, se comprueba que existe conectividad entre el Nodo_B y la RNC, quiere decir que en la RNC debe estar registrada la IP del Nodo_B.
- 2) La IP de servicio al Gateway, se comprueba que el camino desde el Nodo_B hacia la MPLS se encuentra habilitado.
- 3) La IP de Gestión con el gestor M2000, se comprueba que el Nodo_B se encuentra registrado en la gestión del Operador.
- 4) La IP de servicio con la IPCLOCK, indica el sincronismo que existe entre el Nodo_B y la RNC.

B. Cambio de Cell ID en una llamada de 3G a 3G

Dentro de estas pruebas se visualiza que mediante una llamada dentro del área de cobertura existe un cambio entre celdas sin ninguna interferencia, a este proceso se lo denomina Soft Handover, mismo que se lo demuestra a través de la aplicación G-NetTrack Lite, la cual me permite evaluar los tipos de celdas dentro del área de cobertura del Nodo_B, tal como se muestra en la Figura 14.

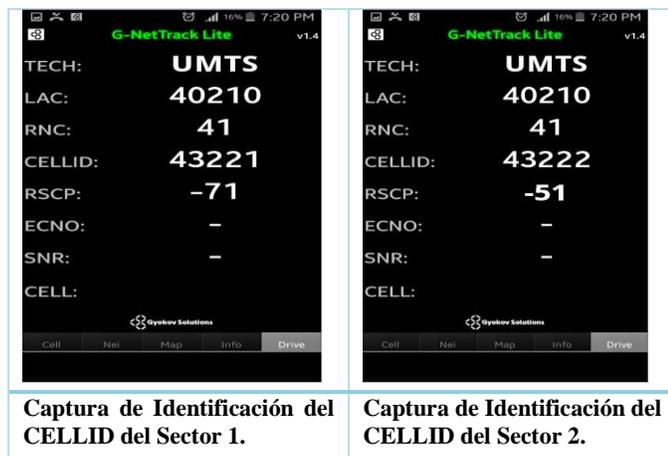


Fig.14. Visualización de Soft Handover a través de aplicación G-NetTrack Lite del UE.

C. Prueba de VSWR

En este proceso de medición como primer punto se verifica el máximo valor de VSWR, obtenido in sitio al momento de la instalación de Jumper (Antena/RRU). Hay que tomar en cuenta que el rango de frecuencias utilizadas para la medición será de 1850 MHz a 2000 MHz, ya que el equipo de medición (SITEMASTER), obtiene los valores exactos de VSWR delimitando la frecuencia de operación del Nodo_B que es 1900 MHz.

Como parte fundamental de estas pruebas todas las gráficas obtenidas y registradas en el equipo de prueba, deben tener la siguiente nomenclatura para identificar el sitio, sector y puerto de antena: NOMBRE DEL SITIO - SECTOR (1, 2, 3) - PUERTO (0, 1), tal como se visualiza en la Figura 15.

En la Figura 15; nos indica la primera medición de VSWR del sector (1-0), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de onda reflejada; valor máximo de 1.16 de VSWR.

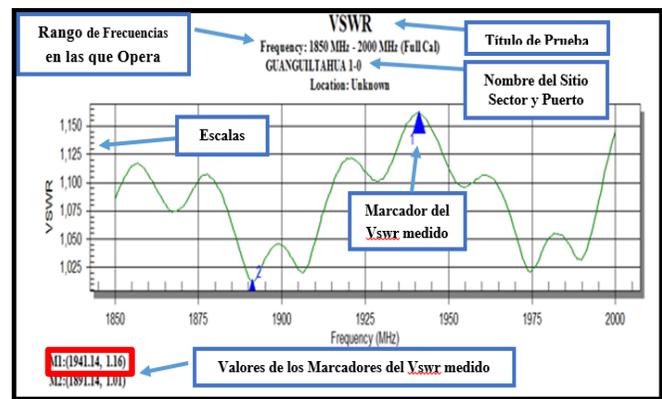


Fig.15. VSWR 1-0.

V. CONCLUSIONES

Al culminar con los análisis realizados en el diseño del nuevo Nodo_B, se obtuvieron los resultados iniciales a través del drive test de RF, los cuales se verificaron con los cálculos manuales que se hicieron para el modelo de propagación y el presupuesto de enlace; donde los resultados varían dependiendo de cada parámetro como, potencia de transmisión CPICH (2W), potencia máxima en la que opera el Nodo_B (20W), frecuencia de la portadora (1900 MHz), ancho de banda (5 MHz), ganancia de la antena RF (18dBi), área de cobertura de la celda del Nodo_B (21.59 Km²), entre otros, los cuales son ingresados en el software U-Net para la creación de mapas de tráfico analizando los niveles de cobertura y la no existencia de solapamiento entre celdas, y por ende establecer la predicción del sitio nominal donde se implementó el nuevo Nodo_B.

Plasmado el diseño de la red 3G/UMTS; mediante el reporte de inspección técnica del sitio o Technical Site Survey (TSS), se realizó el levantamiento de información en campo y la proyección del sitio; con el cuál se realizó la instalación y adecuación del Nodo_B, tomando en cuenta los estudios realizados por obra civil, en cuanto a la capacidad que tiene la estructura para soportar las cargas gravitacionales y sobrecargas de equipos de telecomunicaciones, bajo la Norma ANSI/TIA 222F, indicando que la estructura tiene la capacidad suficiente para resistir una carga sísmica equivalente al 10% de su propio peso, y adicionalmente vientos de 120 Km/h aplicados sobre la estructura,

Bajo recomendaciones del proveedor de equipos de telecomunicaciones, se especificó que en los tres tipos de mástiles con alturas que varían entre 3, 6 y 9 metros, el requerimiento de la altura a utilizar depende única y principalmente de la línea de vista que exista en la zona de cobertura que se desea cubrir; análisis que se verifica en la sesión fotográfica realizada en la terraza cada 30°, por lo tanto al contar con línea de vista se utiliza únicamente mástiles de 3m.

Se efectuó el comisionamiento e integración del Nodo_B Guangiiltahua, mediante la plataforma de gestión interna Local Maintenance Terminal (LMT), la cual permite verificar los siguientes parámetros: versiones de la BBU, puertos Ethernet en estado UP, activación remota de mediciones de VSWR con el gestor M2000, direcciones IPs de Gestión como de Servicio configuradas, dimensionamiento de canales de tráfico de voz (6 canales), dimensionamiento de canales de tráfico de datos (16 canales) y estado de alarmas, parámetros que se encuentran de acuerdo a los requerimientos del operador de telefonía móvil celular.

Se realizó las pruebas de aceptación del Nodo_B, por parte de la CNT EP; este proceso se lo efectúa mediante pruebas de funcionamiento, a través de un documento llamado Protocolo de Pruebas de Aceptación o ATP, dentro de las pruebas a considerar se realizaron las pruebas de Ping verificando conectividad y sincronismo entre el Nodo_B con el gestor M2000 y la RNC que fueron exitosos. Una de las pruebas más exigentes para la entrega del sitio es verificar la pérdida de onda reflejada o VSWR en cada sector, resultados satisfactorios para el operador ya que se encuentran dentro del rango de pérdidas menores a 1.3 de VSWR.

REFERENCIAS

- Henne, I., & Thorvaldsen, P. (2002). *Planificación de radioenlaces*. Bergen: Segunda edición, Nera 2002, 1999.
- Navarro Giovanetti, J. A. (2008). *Evolución de 3G y su Convergencia a 4G en Comunicaciones Móviles*. Valdivia.
- 3GPP. (2005). *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Physical layer - Measurements (FDD);(Release 1999)*. © 2004, 3GPP Organizational Partners (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TTA, TTC). All rights reserved.
- Aguirre Álvarez, J. M., & Chávez González, L. A. (2010). Estudio y Diseño de Transmisores y Receptores UMTS. Guayaquil - Ecuador.
- ARCOTEL. (13 de Febrero de 2015). Resolución ARCOTEL-2015-000100. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Calderón, M., & Escandón, J. (2010). *Introducción a WCDMA para UMTS*. Recuperado de: <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/186/3/Capitulo%202.pdf>.
- CEDEÑO, E. F. (Octubre, 2015). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN NODO B ADICIONAL EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO DE LA CIUDAD DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA PARA AUMENTAR CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA RED UMTS. Quito.
- Cerquides, D. R. (Enero 2010). Comunicaciones Móviles 2G y 3G+. Trabajo Personal Diapositivas.
- Chimbo Rodríguez, M. C. (2012). *Análisis a la Propuesta de Evolución de Redes 3G y su Convergencia a la Tecnología 4G para Redes de Telefonía Móvil*. Cuenca - Ecuador.
- Correia, L. M. (March 2009). *A View of the COST 231-Bertoni-Ikegami Model*. EuCAP 2009. Berlin: 3rd European Conference on Antennas and Propagation.
- Cruz, F. A., Ortega Romero, S. R., & Andrade Mora, R. (2010). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE UNA RED UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil - Ecuador.
- Cueva Vargas, O. X., & Santacruz Paz, D. V. (2010). *AUTOMATIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE POST PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE DRIVE-TEST QUE PERMITAN DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE QoS DE LAS REDES GSM/GPRS/UMTS DE LOS SISTEMAS MÓVILES AVANZADOS*. Quito-Ecuador.
- Dans, E. (jueves 11 de noviembre de 2004). UMTS La ceguera intencionada. *Avance de las Nuevas Tecnologías*.
- Donate Prieto, F. (2012). GPRS. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11980/fichero/CAP%CDTULO+3+-+FUNDAMENTOS+GSM+Y+UMTS%252F3.4+GPRS.pdf>.
- Fernández Orozco, G. P. (2013). *ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE DRIVE TEST REALIZADAS POR LA SUPERTEL EN LA RED DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PARA PROPONER MEJORAS EN LOS NIVELES DE COBERTURA Y CALIDAD DE SERVICIO*. Riobamba - Ecuador.
- Forks. (Febrero 2011). *User Manual LTE. Telecomunicaciones*. Chicago.
- Gaibor, C. G. (2005). *DISEÑO DE UNA RED TELEFÓNICA CELULAR PARA LA CIUDAD DE AMBATO UTILIZANDO TECNOLOGÍA 3G*. Ambato- Ecuador: Recuperado: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/395>.
- Gallegos Rodríguez, E. D., & Galindo Hidalgo, W. J. (2006). *Diseño y Planificación de Cobertura Celular CDMA2000 1x mediante un Sistema Repetidor(es)-BTS(s) para la Carretera Aloag-Santo Domingo*. Quito.
- García Cogorro, J., Carro, A., Soto, J., Shulte-Bockum, J., Van Doorn, P., & Páez, J. M. (2004). 3G/UMTS Una realidad impaciente. Fundación de la Innovación Bankinter ; Recuperado de: https://www.fundacionbankinter.org/documents/11036/16211/Publicacion+PDF+ES+FTF_3G/da82222c-8d3a-417e-984a-d99b6808be26.
- G-NetTrack Lite*. (26 de febrero de 2015). Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gyokovolutions.gnettracklite&hl=es_419
- Guachilema Valencia, I. J., & León Drouet, I. A. (Enero, 2010). *Calidad de Servicio (QoS) de la Red UMTS en la Ciudad de Durán*. Durán - Ecuador: Recuperado de: <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Herradón Diez, R. (Marzo, 2010). Comunicaciones Móviles 3G: UMTS,. Recuperado de: <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-ycomunicaciones->.
- Herrera, J. L. (Mayo, 2009). *Tecnologías Celulares de Tercera Generación y su Evolución*. Lima.
- Huawei Technologies Co., L. (08 Enero, 2014). *WCDMA Nodo_B DBS3900 - Guía de Instalación de Hardware (Mini Shelter)*. Quito - Ecuador.
- HUAWEI TECHNOLOGIES CO., L. (2011). *Long Term Evolution (LTE), Radio Access Network Planning Guide*.

- Huawei Technologies CO., L. (2012-09-30.). *DBS3900 Product Description*.
- Huawei Technologies CO., L. (s.f.). *Base Station Antenna Catalogue*.
- Huawei Technologies CO., L. (s.f.). *LTE Hardware Introduction*.
- Lin Guangpu, D. F. (2011). *Long Term Evolution (LTE) Radio Access Network Planning Guide*.
- Martínez Rodríguez, R. O. (8 Enero de 2004). *Estudio sobre las prestaciones de Antenas Inteligentes en Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS)*. Madrid - España.
- Mayorga, L. A. (2001). *IMT-2000 - Comunicaciones móviles de tercera generación y su implementación en Chile*. Chile.
- Montes de Oca, E., Egel Bello, M., & Rodríguez Medrano, N. (2012). *UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)*.
- Murguet, R. (2004). *Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE*. Cuenca - Ecuador: Recuperado de: <http://slideplayer.es/slide/1101555/>.
- O. S. Roig, J. L. (2003). *Principios de Comunicaciones Móviles*. Barcelona: Politext: Primera Edición.
- Qualcomm. (May 2006). WCDMA Network Planning. 80-W0853-1 Revision B,.
- Ricaurte Zambrano, B. E., & Delgado Arechúa, R. F. (2010). *Diseño de una red UMTS para brindar el servicio de internet en la vía a la costa de la Ciudad de Guayaquil desde el Km. 10 hasta el Km. 25*. Guayaquil - Ecuador.
- Sáenz Medina, J. S. (2009). *DEFINICIÓN, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA FRACTAL MONOPOLO DE SIERPINSKI*. Lima: Recupedado de: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/68>.
- Sevilla, E. S.-U. (2010). *Diseño y parametrización de una estación de telefonía móvil 2G/3G*. Sevilla.
- Technologies, H. (Enero, 2010). WCDMA RAN Fundamental ISSUE 1.0. Recuperado de: www.huawei.com/support.
- Telecomunicaciones, U. (Enero, 2010). Network Planning - Initial Tuning - Optimización. Recuperado de: <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Vielma, M. (2005). *Introducción a las Antenas, edición 2010*.



Ricardo J. Cuchala nació el 27 de septiembre de 1988, realizó sus estudios primarios en la Escuela Modelo Presidente Velazco Ibarra. En el año 2006 obtuvo su título de Bachiller en ciencias especialización físico matemáticas en la Unidad Educativa Experimental “Teodoro Gómez de la Torre”. Actualmente, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y

Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra. Experiencia laboral en la empresa Highspeed Sistemas de Telecomunicaciones, desempeñando las funciones de Fiscalizador para Telefónica en las áreas: Fiscalizador de sitios 3G Segunda Portadora 1900 MHz, Fiscalizador de sitios en adecuaciones 3G, 4G, Fiscalizador de Mantenimientos Preventivos de las Radio Bases y ha asistido a cursos como Mantenimiento de Computadoras, Métodos de Integración, Labview, Redes e Internet y Trabajos en Alturas en Torres de Telecomunicaciones.