

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA RED UMTS CON COBERTURA EN LAS
PRINCIPALES CIUDADES DEL ECUADOR**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

RICHARD GERMÁN VEINTIMILLA ALMEIDA

DIRECTOR: Ing. OSWALDO BUITRÓN

Quito, Julio de 2006

DECLARACIÓN

Yo, Richard Germán Veintimilla Almeida, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Richard Veintimilla

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Richard Veintimilla, bajo mi supervisión.

Ing. Oswaldo Buitrón
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A mis padres, gracias por la confianza y apoyo, a mi hermano Bryan gracias por ser el mejor regalo de mi vida y mi mejor motivo para seguir, y a mi abuelita Estelita por enseñarme la perseverancia y paciencia y por toda la vida que me entregó. A Dios por la capacidad que me ha brindado.

PRESENTACIÓN	I
RESUMEN.....	II
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. BREVE HISTORIA DEL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA UMTS.....	1
1.1.1. GENERALIDADES DE UMTS	11
1.1.1.1. Demanda para tecnologías de tercera generación.....	11
1.1.1.2. Espectro de frecuencia para tercera generación	11
1.1.1.3. CDMA-Principio de funcionamiento	11
1.1.1.4. Tipos de CDMA	13
1.1.1.5. Transmisión duplex	14
1.1.1.6. FDD Características comunes	15
1.1.1.7. FDD-Tasa de datos en UL y DL.....	15
1.1.1.7.1. Tasa de datos en UL (uplink)	15
1.1.1.7.2. Tasa de datos en DL (downlink).....	16
1.1.1.7.3. Handover	17
1.1.2. ARQUITECTURA	17
1.1.2.1. Core Network (Núcleo de Red).....	18
1.1.2.1.1. Funciones del Core Network (CN).....	19
1.1.2.2. UTRAN Universal Terrestrial Radio Access Network	27
1.1.2.2.1. Funciones de la UTRAN	30
1.1.2.3. Equipo de Usuario (UE).....	38
1.1.2.3.1. Funciones del Equipo de Usuario.....	38
1.2. PROCESO GENERAL DE DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED UMTS	39
1.2.1. INTRODUCCIÓN.....	39
1.2.2. MODELO DE TRÁFICO.....	41
1.2.3. REQUERIMIENTOS DE COBERTURA	42
1.2.4. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD.....	43
1.2.5. RED DE RADIO- PLANEACIÓN DE CELDAS	43
1.2.6. COBERTURA DE CELDA	45
1.2.7. CAPACIDAD DE LA CELDA.....	47
1.2.8. ASPECTOS DE HARDWARE – NodeB	48
CAPÍTULO II.....	49
2. OBTENCIÓN DE DATOS INICIALES.....	49
2.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR.....	49
2.1.1. USUARIOS MÓVILES POR OPERADOR Y TECNOLOGÍA	49
2.1.2. FACTOR DE PENETRACIÓN DEL SERVICIO CELULAR.....	50
2.2. DATOS DEMOGRÁFICOS	50
2.2.1. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE SERVICIO	51

2.2.2.	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE POSIBLES USUARIOS UMTS	57
2.3.	DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ENLACE (<i>Link Budget</i>)	57
2.3.1.	PORTADORAS DEL RELEASE 99	58
2.3.2.	TIPO DE ÁREA (CLUTTER)	59
2.3.3.	TIPOS DE CELDAS	64
2.3.4.	TIPO DE USUARIOS	64
2.3.5.	FÓRMULA DEL LINK BUDGET (máxima pérdida de camino permisible)	65
2.3.6.	MODELOS DE PROPAGACIÓN	69
2.3.6.1.	MODELO DE UNA PENDIENTE	70
2.3.7.	CÁLCULO DEL ÁREA DE LA CELDA Y DISTANCIA ENTRE SITIOS	72
2.4.	DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO	73
2.4.1.	DATOS DE ENTRADA	74
2.4.1.1.	PARÁMETROS GENERALES	75
2.4.1.1.1.	Fases.	75
2.4.1.1.2.	Área.	75
2.4.1.1.3.	Descripción de la Red por fase y por área	75
2.4.1.2.	PARÁMETROS COMUNES	76
2.5.	VALORES DE PARÁMETROS POR DEFECTO USADOS EN EL <i>LINK BUDGET</i>	79
CAPÍTULO III		81
3.	DISEÑO DE LA RED UMTS CON COBERTURA EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL ECUADOR	81
3.1.	CÁLCULO DEL ENLACE (LINK BUDGET)	81
3.1.1	DETERMINACIÓN DE SITIOS POR REQUERIMIENTOS DE COBERTURA	83
3.1.2	DETERMINACIÓN DE SITIOS POR REQUERIMIENTOS DE TRÁFICO	93
3.1.2.1	CARGA FINAL DE LA CELDA - ILUSTRACIÓN DE CÁLCULO	103
CAPÍTULO IV		108
4.	RESUMEN EJECUTIVO DEL DISEÑO	108
4.1.	CONSIDERACIONES INICIALES	108
4.1.1.	COBERTURA	108
4.1.2.	USUARIOS ESPERADOS	109
4.1.3.	SERVICIOS Y GRADO DE SERVICIO	110
4.1.4.	TRÁFICO ESPERADO	110
4.1.5.	BANDAS DE FRECUENCIA	112
4.2.	RESULTADOS INICIALES	112
4.2.1.	NÚMERO DE SITIOS RESULTADO	112
4.2.2.	PORTADORAS DE RADIO FRECUENCIA RESULTADO	113
4.3.	COBERTURA – RESULTADOS DE SIMULACIÓN	113
4.3.1.	REPORTE DE UBICACIÓN TENTATIVA DE LOS SITIOS	114
4.4.	COSTOS REFERENCIALES	114
4.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	117
CAPITULO V		119
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
5.1.	CONCLUSIONES	119

5.2. RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXO 1	124
GLOSARIO DE TÉRMINOS	124
ANEXO 2	132
RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE COBERTURAS	132
ANEXO 3	147
REPORTE UBICACIÓN TENTATIVA DE LOS SITIOS	147
ANEXO 4	160
ANTENAS DISPONIBLES EN EL MERCADO PARA UMTS	160
ANEXO 5	163
FACTOR DE PENETRACIÓN UMTS	163
ANEXO 6	167
HOJAS DE DATOS DE LOS EQUIPOS	167

PRESENTACIÓN

En la actualidad las comunicaciones móviles se han convertido en más que un lujo, una necesidad en la vida cotidiana. Las facilidades que ofrece la tecnología UMTS en el campo de la telefonía celular ofrecen la compartición y acceso a la información y entretenimiento con amplias ventajas sobre otras tecnologías, debido a las velocidades superiores de transmisión de datos y la confiabilidad de la comunicación. El presente trabajo muestra un resumen de la historia de UMTS, sus características básicas de funcionamiento y estructura, luego se resume la actual situación de la telefonía móvil en el Ecuador para detallar luego el diseño de la parte UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) para las principales ciudades del Ecuador, tomando en cuenta las características de cobertura y tráfico a esperar. Al final se presentan los resultados del diseño y las simulaciones de cobertura de la red.

RESUMEN

El siguiente trabajo propone el diseño de una red celular con tecnología UMTS (Universal Mobile Telephonic Service) para la cobertura de las principales ciudades del Ecuador, y se encuentra estructurado de la siguiente manera:

El capítulo 1, “Marco Referencial”, consta de un breve resumen de la evolución e historia de los servicios de telefonía celular hasta la actualidad en lo que tiene que ver con el desarrollo de UMTS, luego se muestra las principales características de funcionamiento de una red de este tipo, y las principales funciones de la parte de la red diseñada “Red Terrestre universal de Acceso de Radio” (UTRAN). También se explican algunas de las funcionalidades que esta tecnología presenta como control de potencia y handovers, términos que luego serán usados en los siguientes capítulos.

El capítulo 2, “Obtención de datos iniciales”, recoge los valores iniciales necesarios para el diseño de red UMTS, primero se toma en consideración la situación actual de la telefonía móvil en el Ecuador, esta información es la base de las distintas estimaciones asumidas para el diseño, datos como número de usuarios y áreas de cobertura esperadas. En este capítulo también se definen los valores de las variables por defecto usados generalmente en diseños de este tipo en las fórmulas presentadas y que se utilizan en el capítulo 3 “Diseño de la red UMTS con cobertura en las principales ciudades del Ecuador”.

El capítulo 3, “Diseño de la red UMTS con cobertura en las principales ciudades del Ecuador”, se concentra en el diseño de la UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network). Muestra la aplicación de las fórmulas presentadas en el capítulo 3 con los valores asumidos y definidos para el diseño. Se realiza primero el diseño de la red para lograr la cobertura deseada (número de sitios necesarios para cobertura) y luego el diseño con respecto al tráfico esperado de acuerdo al número de usuarios y tipos de servicio a ofrecer en la red (número de sitios necesarios para soportar la

carga de tráfico esperada), la comparación de estas dos fases de diseño, antes mencionadas, resulta en el número final de sitios que tendrá la red.

El capítulo 4, “Resumen ejecutivo del diseño”, muestra los datos iniciales para el diseño como cobertura, número de usuarios, servicios a ofrecer, cantidad de tráfico esperado y recursos de frecuencia disponibles. Así, se muestran las tablas de los resultados del diseño en cuanto a cantidad de equipos, número de portadoras de radio frecuencia por sitio y la ubicación tentativa de los mismos. En este capítulo también se muestran simulaciones de cobertura resultante. Luego se mencionan costos referenciales en cuanto a los equipos dimensionados debido a la poca accesibilidad a datos de este tipo en lo que corresponde a esta tecnología. Al final de este capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos acompañados de recomendaciones referidas a este dimensionamiento y las simulaciones mostradas.

En el capítulo 5, “Conclusiones y Recomendaciones”, se presentan algunas consideraciones que son el resultado del trabajo desarrollado, así como también recomendaciones generales a tomar en cuenta en la realización de investigaciones relacionadas a este proyecto.

Por último es importante destacar que por las características del tema tratado a lo largo del presente trabajo se utilizan varios términos del idioma inglés; sin embargo, para facilitar la lectura y comprensión del mismo se ha incluido un glosario de términos.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. BREVE HISTORIA DEL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA UMTS

Para empezar a tratar un estudio de Red UMTS, se ha considerado importante conocer el desarrollo que la tecnología celular ha tenido en los últimos tiempos y como, a través de esta evolución, se han llegado a conseguir facilidades de servicios en la tecnología celular como las que ofrece UMTS. A continuación se presenta en algunos párrafos las principales noticias que han marcado el desarrollo y aplicación de esta tecnología a nivel mundial:

- 6 de Marzo de 1983: Motorola presenta el primer teléfono celular móvil comercial, el Motorola DynaTAC 8000X
- 13 de Octubre de 1983: Primera operación comercial de AMPS (AT&T's Illinois Bell, Chicago)
- 1985: Sistema TACS (basado en AMPS) en operación comercial en Reino Unido.
- 1985: Empieza el estudio IMT-2000, y el número 2000 tiene tres significados. Estaba supuesto a representar el año 2000, cuando la ITU determinó que el sistema podía ser puesto en marcha, tasa de datos de 2000 Kbps y frecuencias en la región de 2000 MHz.
- 1988: ETSI es formada en Europa

- 1986: Sistema NMT900 es presentado en Scandinavia
- 1988: ETACS es presentado en UK
- 1989: JTACS es presentado en Japón
- 1 de Julio de 1991: La primera red GSM, Radiolinja en Finlandia fue oficialmente abierta.
- 1991: NTACS es presentado en Japón
- Octubre de 1991: La primera llamada europea en *roaming* fue realizada entre la Finnish PT y Vodafone.
- 1991 a 1995: Fueron desarrollados dos proyectos llamados “CODIT” y “ATDMA” por la mayoría de empresas fabricantes de telecomunicaciones en Europa y operadores de redes. Los proyectos CODIT y ATDMA investigaron la disponibilidad de los métodos de acceso a recursos de radio basados en CDMA de banda ancha y TDMA para sistemas de tercera generación. Este trabajo fue luego seguido en el proyecto FRAMES y llegó a ser la base del trabajo UMTS de ETSI.
- Febrero de 1992: La conferencia mundial de radio en Málaga (WRC-92) designó las frecuencias que a futuro serían usadas por UMTS. Las frecuencias 1885 – 2025 y 2110-2200 MHz fueron determinadas para el uso del IMT-2000.
- 1992: Las más grandes operadoras europeas comienzan la operación comercial de sus redes GSM.
- 1993: Se terminó de diseñar el estándar IS-95 CDMA.
- Febrero de 1995: Fue publicado el reporte “The road to UMTS (El camino hacia UMTS)”, como fuerza de acción de UMTS.
- Diciembre de 1996: El foro UMTS fue establecido en Zurich, Suiza. Desde 1996, el estándar WCDMA planeado como europeo ha sido conocido como *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)*, Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
- Junio de 1997: El foro UMTS produce su primer reporte titulado “*A regulatory Framework for UMTS (Un marco regulatorio para UMTS)*”
- Octubre de 1997: “ERC” toma la decisión sobre la banda principal de UMTS

- Enero de 1998 en reunión en París ambas propuestas W-CDMA y TD-CDMA fueron combinadas para la especificación del interfaz aire de UMTS
- Septiembre de 1998: La primera llamada usando un terminal NOKIA WCDMA en la red de prueba DoCoMo's fue completada en la unidad R&D de NOKIA cerca de Tokio en Japón.
- 4 de Diciembre de 1998: ETSI SMG, T1P1, ARIB TTC, TTA crean el 3GPP en Copenhague, Dinamarca.
- 7 y 8 de Diciembre de 1998: Se llevó a cabo el primer encuentro de los grupos de especificaciones técnicas 3GPP en Sophia Antipolis, Francia.
- 14 de Diciembre de 1998: La decisión del parlamento europeo y el Consejo de Ministros solicita que los estados miembros tomen todas las medidas necesarias para permitir la coordinada y progresiva introducción de los servicios UMTS con fecha límite del primero de Enero del 2002.
- Febrero de 1999: NOKIA completa la primera llamada WCDMA a través de una PSTN en el mundo. La llamada fue hecha desde la red de prueba NOKIA en Finlandia usando un terminal WCDMA, un "WCDMA base station subsystem" y los "NOKIA GSM *Mobile switching centers*" conectados a la PSTN.
- 16 de Marzo de 1999: Finlandia anuncia las primeras licencias de tecnología móvil 3G del mundo. 4 licencias otorgadas a Sonera, Radiolinja, Telia y Suomen Kolmegee. Técnicamente algunos operadores en Estados Unidos y otros lugares ya tienen licencias y frecuencias para operar redes de tercera generación.
- 27 y 28 de Abril de 1999: Ericsson y NEC anuncian que han sido escogidos por NTT DoCoMo para suministrar equipos para siguiente red de tercera generación inalámbrica comercial en Japón. Este fue el primer anuncio de un trato de infraestructura 3G WCDMA.
- 1999: La conferencia mundial de Radio (WRC-99) discute el espectro y detalles regulatorios para las aplicaciones de tercera generación avanzadas en el contexto del IMT 2000. La meta fue identificar frecuencias adicionales

par satisfacer la demanda de mercado para el lapso 2005-2010. Detalles acerca del *roaming* mundial también fueron discutidos.

- Diciembre de 1999: En Nice fue terminada la estandarización ETSI para UMTS RELEASE 1999 con especificaciones para FDD y TDD (especificación versión 3.y.z)
- 29 de Marzo del 2000: Siemens realizó la primera llamada del mundo 3G/UMTS sobre TD-CDMA (TDD).
- Abril del 2000: La Conferencia Mundial de Radio (WRC-2000) finaliza la extensión de la banda UMTS/IMT-2000.
- Mediados del 2000: Son lanzadas las primeras redes comerciales GPRS. Varios operadores y vendedores disputan ser los primeros.
- Julio del 2000: La responsabilidad de mantener y desarrollar las especificaciones GSM fueron transferidas de la ETSI TC SMG al grupo 3GPP.
- 1 de Octubre del 2000: SK Telecom de Korea lanza la primera red comercial CDMA2000
- 1 de Enero del 2001: Estaba originalmente planeada la operación de las primeras redes comerciales 3G. Ninguna red 3G estuvo operando hasta esa fecha.
- 17 de Abril del 2001: Ericsson y Vodafone UK reclaman haber hecho la primera llamada de voz WCDMA sobre una red comercial.
- Junio 28 del 2001: NTT DoCoMo lanza un servicio 3G de prueba; un servicio de información en un área específica para *i-mode*.
- 25 de Septiembre del 2001: NTT DoCoMo anuncia que tres modelos de teléfonos 3G están comercialmente disponibles.
- 1 de Octubre del 2001: NTT DoCoMo lanza la primera red móvil 3G comercial.
- 1 de Noviembre del 2001: NOKIA y AT&T *Wireless* completan la primera llamada 3G EDGE en vivo.
- 1 de Diciembre del 2001: Telenor lanza en Noruega la primera red comercial UMTS, los terminales UMTS se esperaban estar listos en el 2002.
- 19 de diciembre del 2001: Nortel Networks y Vodafone en España (formando Airtel móvil) completan las primeras llamadas *roaming* en vivo

internacionales estándar UMTS 3GPP entre Madrid (red Vodafone) y Tokio (red J-Phone).

- 28 de Enero del 2002: SK Telecom en Korea lanza la primera red comercial CDMA 2000 1xEV-DO.
- 18 de Febrero del 2002: Motorola revela el primer producto GSM/GPRS y 3G/UMTS, el A820. Motorola es uno de los primeros vendedores en introducir al mercado un teléfono móvil habilitado en modo dual.
- 30 de abril del 2002: Las gráficas mostradas por el ministro de Transporte y comunicaciones (MOTC) muestran que el número de usuarios de teléfonos móviles en Taiwán representan el 100.7 por ciento de la población de Taiwán al final de Abril del 2002 lo que indica que hay más de un teléfono por persona en la ciudad.
- 25 de Septiembre del 2002: Mobikom Austria lanza la primera red UMTS de Europa.
- 26 de Septiembre del 2002: NOKIA presenta el primer microteléfono [6650] para redes WCDMA [UMTS] y GSM.
- Febrero-03: Intel avanza sus nuevos desarrollos en chips. El fabricante norteamericano había revelado algunos detalles de sus próximos lanzamientos, con los que se enfocaba entre otros, a las redes GSM y GPRS y con los que pretendía contribuir en la reducción del tamaño de los dispositivos móviles.
- Febrero-03: La solución de chip único UMTS de PrairieComm consigue llamadas de datos a 384 kbps. Llamadas de datos de alta velocidad realizadas en una tarjeta módem inalámbrica. PrairieComm Inc., líder industrial en tecnología UMTS, había anunciado la ejecución con éxito de las llamadas de datos de alta velocidad UMTS, lo que demostró que PCI5110 soportaba las tasas de datos que sobrepasen los 300 kbps utilizando los 384 kbps del portador.
- Marzo-03: WRC 2000 exime la actual asignación de frecuencia IMT-2000 para incluir bandas (actualmente ocupadas por otros servicios) dentro de la banda

de 850 MHz. Se cree que GPRS/EDGE a 850 MHz convergirán a UMTS en 850 MHz

- Noviembre-03: Licencias para redes de tercera generación son adjudicadas, después de largos procesos, a Telefónica Móviles, Vodafone, Amena y Xfera, Tras subastas de licencias multimillonarias en casi toda Europa, grandes inversiones en infraestructura y múltiples retrasos debidos al despliegue de redes, falta de servicios y terminales, etc., estaba previsto para que los usuarios accedan a la tercera generación a partir de julio del 2004 en España.
- Mayo-04: Se presentan las primeras Cámaras de seis megapixels en el móvil por parte de Qualcomm con chips para terminales y dispositivos móviles que soportarían esta resolución. La empresa Qualcomm, es la creadora del estándar CDMA (Code Division Multiple Access), esta característica de los móviles restaría considerablemente la participación de mercado de las cámaras digitales convencionales. Inclusive, si los dispositivos como palms y notebooks pueden ofrecer tal resolución, las cámaras digitales serían rentables sólo en el campo profesional.
- Junio-04: Vodafone declara que invertirá 140 millones en el País Vasco en cinco años, la mayoría para el despliegue de red UMTS.
- Junio-04, Telefónica contrata al pionero de los antivirus para blindar los móviles.

Estaría listo el primer prototipo del sistema de seguridad con el que Telefónica Móviles iba a proteger todos los terminales que vendiera con Windows Mobile de Microsoft. La operadora había encargado a Secuware que traslade su conocimiento en el mundo del PC al de la telefonía antes de que los virus plaguen también los teléfonos.

- Julio-04: Motorola finaliza el despliegue de la red 3G de la portuguesa Optimus. La división de infraestructuras de Motorola había terminado el despliegue de la primera fase de la red de telefonía móvil de tercera generación de la operadora portuguesa Optimus,
- Agosto-04: Siemens gana el primer contrato africano de UMTS. El grupo alemán de ingeniería Siemens construiría la primera red de telefonía

móvil de tercera generación de África tras cerrar un contrato con la sudafricana Vodacom.

- Septiembre-04: Ericsson refuerza los sistemas de seguridad para garantizar la privacidad en la transferencia de datos. El abonado será autenticado por el operador, que garantizará a su vez la red a la que accede y su confidencialidad.
- Septiembre-04: Samsung lanza móvil con Disco duro de 1,5 GB. La multinacional coreana presentó el primer móvil del mundo con HD de alta capacidad, reproduce archivos MP3 y un receptor FM.
- Septiembre-04: Nortel logra el megacontrato de la red UMTS de Vodafone España. Nortel construiría en exclusiva la red móvil UMTS de Vodafone España hasta marzo de 2007. En total tenía previsto desplegar 5.000 estaciones por 1.000 millones. Nokia y Ericsson habían peleado por arrebatar o compartir con la canadiense la segunda fase del despliegue de la red del operador, pero finalmente quedaron descartados.
- Septiembre-04: La operadora de telefonía móvil surcoreana ST Telecom ofreció una muestra de una aplicación diseñada para compartir archivos entre teléfonos móviles que permitiría a los usuarios intercambiar tonos de llamada, música y vídeos a través de las redes de tercera generación, o 3G.
- Octubre-04: 3G Americas publica un white paper elaborado por el consultor independiente de la industria inalámbrica Peter Rysavy, de Rysavy Research, que confirma los resultados informados previamente sobre la performance de datos en las redes comerciales EDGE y UMTS. El *white paper Data Capabilities: GPRS to HSDPA* (Capacidades de datos: de GPRS a HSDPA) presenta las nuevas investigaciones sobre High Speed Downlink Packet Access (HSDPA), una optimización de UMTS para datos en paquetes que entrega velocidades de throughput promedio para datos de 550-1100 kbps y velocidades teóricas máximas de 14 Mbps.
- Noviembre-04: La posibilidad de que los virus informáticos afecten a los móviles parece tomar cuerpo con la llegada de los servicios tercera generación (3G) o UMTS y la aparición de los terminales avanzados tipo

smartphone, que utilizan sistemas operativos más complejos ya que tienen funciones de agenda electrónica. Symbian, responsable de uno de los sistemas operativos más utilizados en este campo, y FSecure, conocida firma finlandesa de seguridad, han confirmado que existen problemas. Y algunos expertos señalan que pueden multiplicarse en el futuro.

- Enero-05: Según noticias de prensa se anuncia que en 2005 se realizarán las primeras pruebas de WCDMA/UMTS en Latinoamérica y Venezuela está entre los países con mayor probabilidad de acceder a estas funciones.
- Enero-05: Nortel y Qualcomm Incorporated han completado las primeras llamadas punto a punto utilizando conjuntamente tecnología de banda ancha WCDMA con High Speed Downlink Packet Access (HSDPA), en una red comercial con equipamiento telefónico estándar. Los servicios móviles de banda ancha simulados incluyen juegos interactivos de alta resolución, reproducción de pistas musicales, vídeo y películas con calidad DVD y acceso a adjuntos de gran tamaño en los e-mails, a una velocidad más de tres veces superior a la que ofrecían las actuales redes de nueva generación como fueron GSM, GPRS y el inicial UMTS. En estas pruebas se consiguió la descarga de un archivo musical de 5 Mb en apenas 30 segundos, o la descarga de un archivo adjunto de 3 Mb en 20 segundos, velocidades comparables a las de DSL o ADSL.
- Febrero-05: Nokia anuncia en el congreso mundial 3GSM en Cannes, que según sus cálculos al finalizar ese año habría 70 millones de usuarios de terminales de tercera generación (UMTS) en todo el mundo.
- Febrero-05: El hospital Clinic de Barcelona cuida de sus pacientes a través del móvil. El próximo 1 de marzo se iniciará la evaluación del sistema de Motohealth, un proyecto piloto de telesalud en el que participarán cien enfermos crónicos.
- Febrero-05: La industria del móvil presenta la tecnología sucesora del UMTS. En el congreso mundial de 3GSM se presenta la tecnología HSDPA (*High speed downlink packet access*), promete velocidades de hasta 2Mbps en

downlink. Dos compañías SIEMENS y MOTOROLA apuestan por esta tecnología.

- Febrero-05: Los científicos del Fraunhofer consiguieron por fin hacer realidad los sueños que prometía la tecnología UMTS. Los usuarios de celular podrán recibir videos con imágenes nítidas y sonido de alta calidad. La tecnología se basa en la combinación de dos códigos de compresión, denominados codecs, que posibilitan la transmisión de archivos de audio y video de reducido tamaño.
- Marzo-05: Se informa que los usuarios de UMTS superan los 16 millones en todo el mundo al cierre de 2004.
- Abril-05: Toshiba, última una batería que se recarga en un minuto. Toshiba está a punto de poner en el mercado una nueva batería de litio-ion que se recarga prácticamente en un minuto, 60 veces más rápido que las actuales, y además dura más tiempo que las mismas. La carencia de pilas capaces de mantener largas videoconferencias en un teléfono celular retrasó en su momento la comercialización del UMTS en todo el mundo.
- Abril-05: 3G Americas anunció la elección de *Andrew Corporation*, empresa proveedora de sistemas y equipos de comunicaciones a nivel global, como miembro de su Junta Directiva a partir de marzo de 2005.
- Abril-05: Hutchison y NTT Docomo, operadoras que han apostado por la tercera generación de móviles, han propuesto modificar el estándar UMTS para corregir una ineficiencia en su diseño que obliga a emitir al nivel máximo de potencia. La solución que apoyan es la aportada por la empresa española ToT, que permite reducir un 20% el número de antenas.
- Mayo-17-05: Con motivo de la celebración el 17 de mayo, Día Mundial de las Telecomunicaciones, Ecologistas en Acción quieren denunciar, el crecimiento y proliferación caótica de estaciones base de telefonía móvil y otras infraestructuras de telecomunicaciones que ha supuesto la instalación descontrolada de estas redes radioeléctricas.
- Mayo-05: Ericsson trabaja en la super 3G. El fabricante de equipos de telecomunicaciones Ericsson está trabajando minuciosamente para desarrollar

un patrón industrial para redes móviles de super-alta velocidad y espera tener una lista para 2007.

- Julio-05: NTT DoCoMo la empresa más grande de comunicación móvil en Japón, ha probado con éxito la velocidad de transmisión 1 Gbps usando tecnología de cuarta generación (4G) en experimentos al aire libre.
- Octubre-05: La compañía china LG Electronics, el cuarto mayor fabricante de telefonía móvil del mundo, ha anunciado que comenzará a trabajar en el desarrollo del primer teléfono móvil tri-modo T8150M del mundo. El teléfono, desarrollado según las normas tecnológicas de la telefonía de tercera generación (en la que se incluyen WCDMA, CDMA2000 y TD-SCDMA), podrá ser compatible tanto con la china TD-SCDMA como con la europea WCDMA y los estándares de GSM/GPRS.
- Octubre-05: El grupo Vodafone ha lanzado en Alemania un nuevo producto basado en su red inalámbrica de tercera generación (3G) y destinado a que los hogares y empresas abandonen la línea convencional, según anunció el grupo en un comunicado.
- Noviembre-05: Por primera vez, los españoles gastaron más en sus llamadas por móvil que en la telefonía fija, en concreto, 1.053 millones de euros frente a los 1.026 millones del mercado doméstico del fijo, según datos de Red.es
- Diciembre-05: Fujitsu Siemens Computers, compañía europea líder en Tecnologías de la Información, ha desarrollado el primer portátil con tecnología GPRS/UMTS integrada.
- Enero-2006: T-Mobile lanza servicios 3G en Eslovaquia.
- Abril-2006: En Suiza la Comisión Federal de Comunicaciones revoca la licencia 3G al operador Telefónica, por no utilizarla y por no cumplir los estándares de cobertura.

1.1.1. GENERALIDADES DE UMTS

1.1.1.1. Demanda para tecnologías de tercera generación

En un principio las tecnologías de comunicación móvil ofrecieron servicios y aplicaciones de diferentes tipos, la desventaja de estas tecnologías era la incompatibilidad entre estos diversos sistemas en un contexto global, es decir, no podía acceder a los diferentes servicios al pasar de uno hacia otro país o región.

La idea de la implementación de una tecnología de tercera generación como UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), sistema universal de telecomunicaciones móviles, pretende garantizar estándares generales globales que permitan una comunicación móvil global como son la compatibilidad con la mayoría de estándares de 2.5G (GSM, 2.5G), altas tasas de transmisión para comunicación móvil, implementación de aplicaciones multimedia entre otros aspectos.

1.1.1.2. Espectro de frecuencia para tercera generación

Según la recomendación aprobada en la WARC-92 (conferencia administrativa mundial de radio) en febrero de 1992 los rangos de frecuencia entre 1885-2025 MHz. y entre 2110-2200 MHz. son reservadas mundialmente para tecnologías 3G.

1.1.1.3. CDMA-Principio de funcionamiento

UMTS usa la técnica de acceso CDMA (*code division multiple access*), acceso múltiple por división de código, a continuación se describe las bases de esta técnica de acceso al medio de transmisión, en este caso el aire (interfaz de radio).

CDMA es una tecnología de espectro ensanchado, en esta clase de tecnología, la concentración de información de usuario en banda angosta de frecuencia se transforma en una señal de banda ancha con baja concentración de información, esto se conoce como ensanchamiento del espectro de la señal.

Para ensanchar el espectro de la información de usuario, se le asigna a cada uno de estos un código único conocido como código de ensanchamiento (*Spreading Code*).

La mezcla de la información de usuario con el código de alta tasa de bits transforma la señal en una señal de banda ancha. Esta señal es transmitida junto con otras de usuarios diferentes en la misma banda de frecuencia sobre la interfaz de radio, El receptor recibe todas estas señales sumadas, luego las mezcla con el código de usuario obteniendo la información original, (proceso conocido como de-ensanchamiento).

La información puede ser separada por la característica de ortogonalidad de los distintos códigos usados, como se ilustra en la figura 1.1

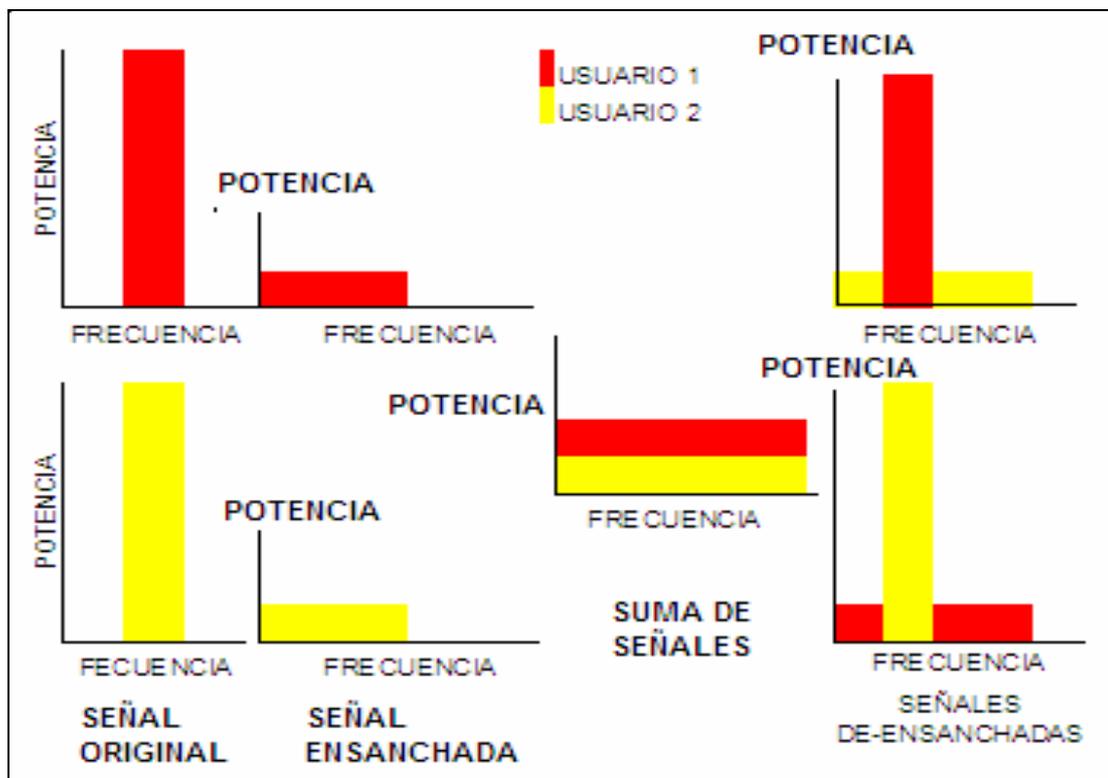
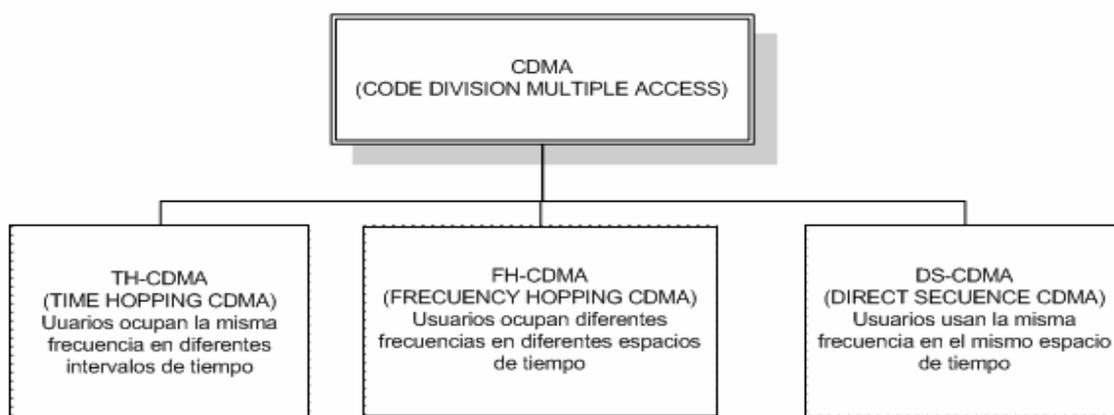


FIGURA N° 1.1 PROCESO DE ENSANCHAMIENTO Y DE-ENSANCHAMIENTO DE LAS SEÑALES CDMA

1.1.1.4. Tipos de CDMA

En la figura 1.2, se presentan los tipos de acceso CDMA:

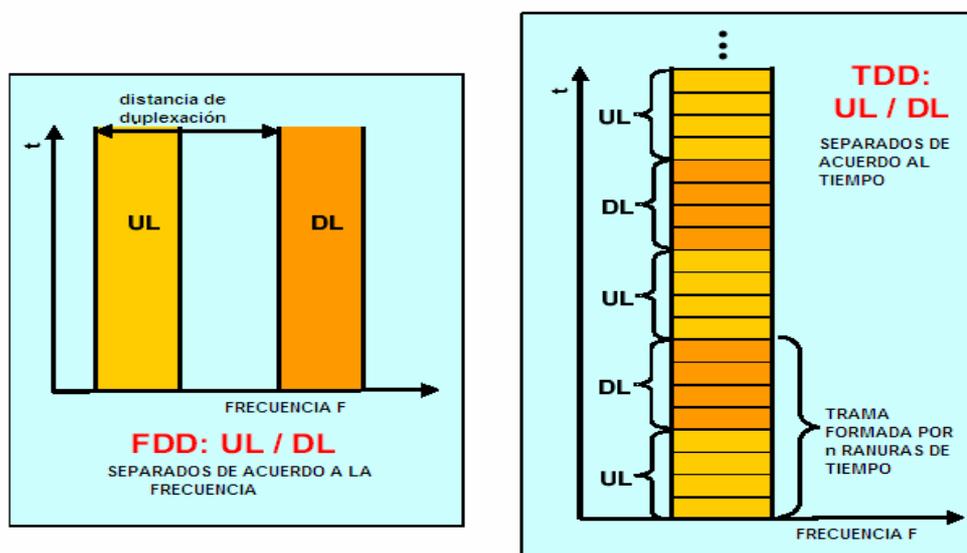


Fuente: documento Siemens - 08_tm2201eu05tm_0001_umts_radio_access.pdf

FIGURA N° 1.2. TIPOS DE CDMA

1.1.1.5. Transmisión duplex

La transmisión duplex se refiere a la capacidad del sistema para hacer que tanto el usuario transmisor como el receptor puedan mantener una transmisión bidireccional al mismo tiempo sin interrupción, para este propósito UMTS utiliza principalmente el método de FDD (*frequency division duplexing*) duplexación por división de frecuencia, que consiste en asignar una frecuencia para el enlace de subida (UpLink UL, UE hacia NodeB) y otra diferente para el enlace de bajada (DownLink DL, NodeB hacia UE) la separación en Hz entre la frecuencia de UL y DL se conoce como distancia de duplexación. Existe también el método TDD (*time division duplexing*), duplexación por división de tiempo, técnica que usa la misma frecuencia para transmisión y recepción pero asignando tiempos para cada proceso, esta técnica se ha desarrollado mucho en los últimos años pero aún no es la más usada para UMTS. En la figura 1.3 se ilustra gráficamente los tipos de duplexación.



Fuente: documento Siemens - 08_tm2201eu05tm_0001_umts_radio_access.pdf

FIGURA N° 1.3. TRANSMISIÓN DUPLEX

1.1.1.6. FDD Características comunes

A continuación en la tabla 1.1 se indican las características más importantes de la duplexación por división de frecuencia:

CARACTERÍSTICA	VALOR	DESCRIPCIÓN
ANCHO DE BANDA DEL CANAL	5 MHz	ANCHO DE BANDA PARA EL ENLACE UL ó DL
TASA DE CHIPS	3.841 Mchips/seg	SÍMBOLOS DE CÓDIGOS DE ENSANCHAMIENTO POR UNIDAD DE TIEMPO
MÉTODO DE MODULACIÓN	BPSK en UL y QPSK en DL	BPSK - MÉTODO DE MODULACIÓN EN FASE DE 1 BIT POR SÍMBOLO Y QPSK - MÉTODO DE MODULACIÓN EN FASE DE 2 BITS POR SÍMBOLO
FACTOR DE REUSO	1	SE PUEDE USAR LA MISMA FRECUENCIA EN CELDAS VECINAS (ADYACENTES)
CÓDIGOS DE ENSANCHAMIENTO	BASADO EN CÓDIGOS OSVF (FACTOR DE ENSANCHAMIENTO VARIABLE ORTOGONAL)	LA CARACTERÍSTICA DE ORTOGONALIDAD DE LOS CÓDIGOS PERMITE LA RECUPERACIÓN FIEL DE LA SEÑAL
FACTORES DE ENSANCHAMIENTO	4 a 256 en UL y 4 a 512 en DL	EL FACTOR DE ENSANCHAMIENTO ES LA RELACIÓN ENTRE LA TASA DE CHIPS Y LA TASA DE SÍMBOLOS DE LA TÉCNICA DE MODULACIÓN

TABLA 1.1 CARACTERÍSTICAS COMUNES DE FDD

Fuente: documento Siemens - 08_tm2201eu05tm_0001_umts_radio_access.pdf

1.1.1.7. FDD-Tasa de datos en UL y DL

1.1.1.7.1. Tasa de datos en UL (uplink)

La tasa de datos depende de la técnica de modulación, del factor de ensanchamiento y de la tasa de chips (3.84 Mcps). Así:

$$SF = \frac{R_c}{R_s} \quad \text{ECUACION 1,1}$$

Donde SF = *Spreading Factor* (factor de ensanchamiento)

Rc= tasa de chips (chips por segundo)

Rs= tasa de símbolo (símbolos por segundo)

Debido a que en el enlace de UPLINK se tiene una modulación BPSK se tendrá un bit por símbolo.

Por ejemplo para el enlace de UL para un SF de 4 se tendría:

$$R_s = \frac{R_c}{SF} = \frac{3.84Mcps}{4} = 960MSPS \quad (\text{Mega símbolos por segundo})$$

Como se tiene que 1 símbolo transporta 1 bit, la tasa de bits sería 960 Mbps (mega bits por segundo).

Sin embargo en la aplicación real se llega a tasas entre 400 y 500 Kbps debido a la codificación de canal. Cuando se necesitan mayores tasas de transmisión se utiliza canales de código paralelo que permiten llegar a velocidades de hasta 2.880Kbps.

1.1.1.7.2. Tasa de datos en DL (downlink)

La diferencia de modulación entre UL que utiliza BPSK y DL que utiliza QPSK se define por las relaciones mostradas en la tasa de datos de UL, ya que como se tienen el doble de bits por símbolo para el mismo factor de ensanchamiento, entonces la velocidad de DL es casi el doble que la de UL.

El porqué de la diferencia de las velocidades se explica por el tipo de aplicaciones que maneja esta tecnología, como por ejemplo la aplicación de acceso a la Internet que se conoce como una aplicación de necesidad de comunicación asimétrica, es decir, se necesita mayor velocidad para bajar los diversos datos de la Internet que para subir información a la red generalmente. Sin embargo, también se maneja la

comunicación simétrica en la comunicación de voz, en la que la tasa de transmisión es la misma tanto en UL como en DL.

1.1.1.7.3. Handover

El proceso de Handover es común en las redes celulares, se debe primero tener en cuenta el concepto de una celda celular.

Una celda celular se define como el área cubierta por una estación celular (cobertura de radio frecuencia limitada), en este caso las estaciones celulares se conocen como NodeB y su cobertura se define por la potencia de salida de sus antenas configuradas de acuerdo a criterios explicados en las siguientes secciones (cobertura de celdas o rango de celdas), las que se caracterizan generalmente porque dentro de su área de cobertura usan un código de ensanchamiento específico (spreading code), estos códigos distinguen una celda de otra.

El Handover es el proceso que permite que una comunicación en curso de cualquier tipo no se vea interrumpida por la característica de movilidad del usuario y su equipo de usuario (UE), es decir, si el UE se traslada de la cobertura de la celda que le está prestando servicio al área de servicio de otra celda, el usuario no deberá notar este cambio de celda servidora en la interrupción de la comunicación.

El proceso de Handover en UMTS tiene diversas variaciones y posee ciertas características propias de esta tecnología que se explican en la sección 1.2.2.4, FUNCIONES DE LA UTRAN.

1.1.2. ARQUITECTURA

La arquitectura de una red UMTS consiste básicamente en dos unidades: el *Core Network* (núcleo de red) y la UTRAN (*Universal Terrain Radio Access Network*).

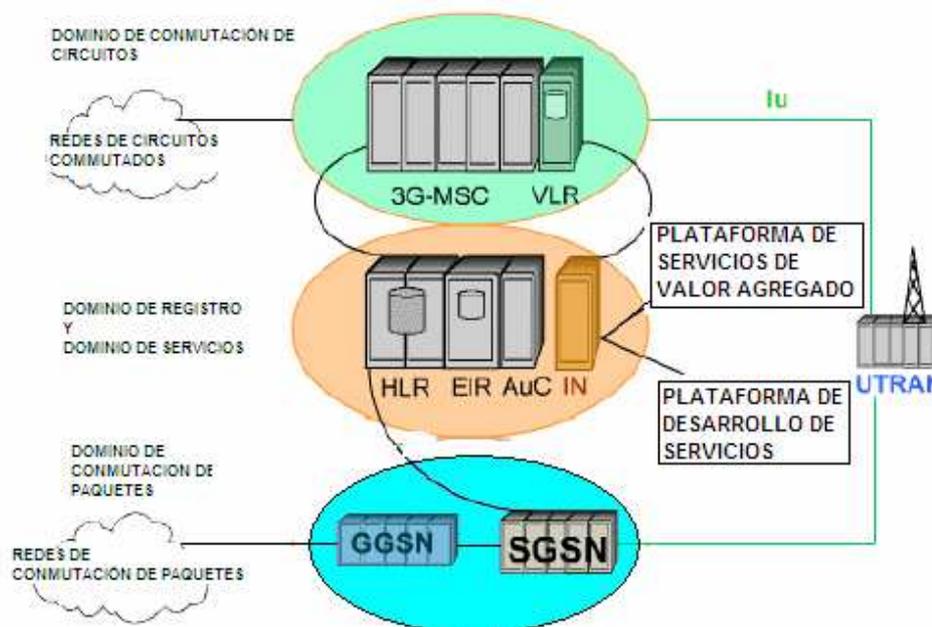
El *Core Network* (CN) es el responsable de realizar las conexiones de la red UMTS. La UTRAN provee la interfaz aire Uu al equipo de usuario (teléfono).

1.1.2.1. Core Network (Núcleo de Red)

El núcleo de red es la parte de la red encargada de las funciones de conmutación de circuitos y de paquetes y la administración de los registros y de los servicios que la red proveerá, para ello consta de tres dominios:

- El dominio de conmutación de circuitos (*circuit-switched domain*)
- El dominio de registro y servicios (*register and service domain*)
- El dominio de conmutación de paquetes (*packet-switched domain*)

La interconexión de estos dominios se muestra en la figura 1.4:



FUENTE: [HTTP://WWW.BUSINESS-INTERACTIVE.COM/WILEY/DEMO.HTM](http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm)-UMTS ESSENTIALS

FIGURA N° 1.4. DOMINIOS DEL CORE NETWORK (RELEASE 99)

El dominio de conmutación de circuitos es una versión adaptada del subsistema de conmutación de red que existe en GSM, en efecto, trabaja con conmutación de circuitos y esta conformado por el Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC) que fue adaptado para UMTS y el Registro de Localización de Visitantes (*Visitor location register*, VLR).

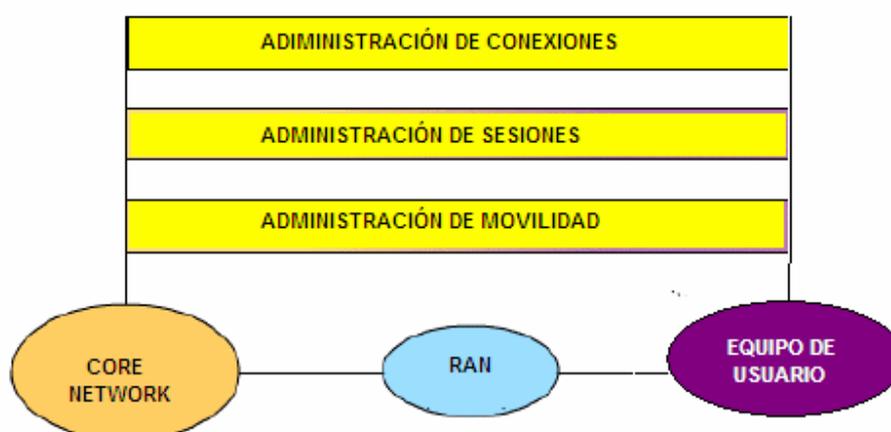
El dominio de Registro está formado por el Registro de localización principal (*Home location register*, HLR), y el Centro de autenticación (*Authentication center*, AuC), estos elementos también existen en la tecnología GSM.

El dominio de servicios está formado por la Red Inteligente (*Intelligent Network*, IN) y otras plataformas de desarrollo de servicios.

El dominio de conmutación de paquetes es una red de conmutación de paquetes, basada en la actual arquitectura GPRS.

1.1.2.1.1. Funciones del Core Network (CN)

La figura 1.5 es una representación de las funciones del Core network:



Fuente: [Http://www.Business-Interactive.Com/Wiley/Demo.Htm-Umts Essentials](http://www.Business-Interactive.Com/Wiley/Demo.Htm-Umts%20Essentials)

FIGURA N° 1.5. FUNCIONES DEL CORE NETWORK

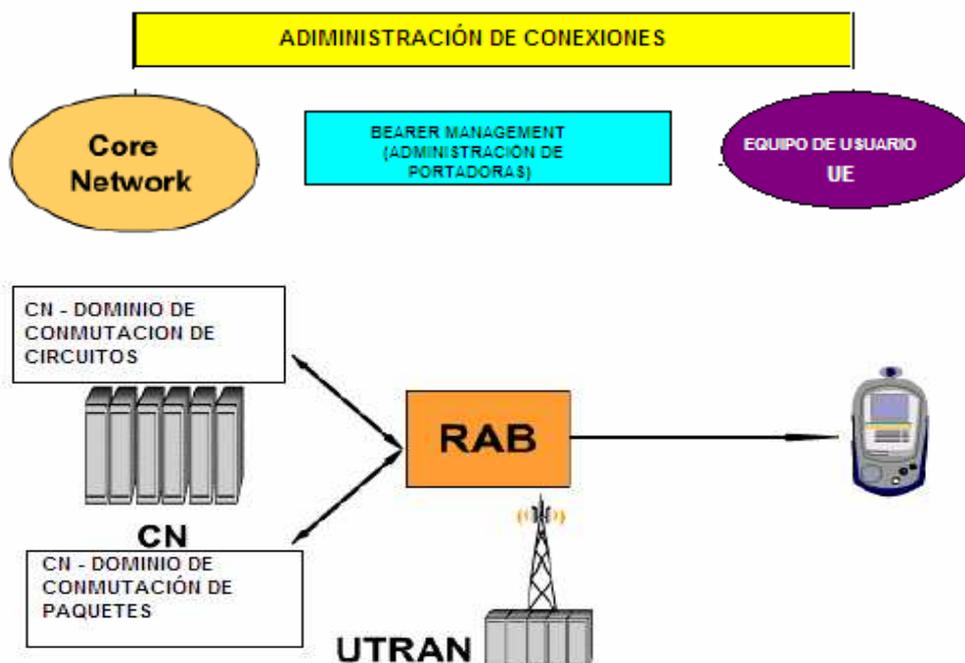
El Core Network provee las siguientes funciones:

- **Administración de Conexiones(CM)**

Provee los servicios portadores para las conexiones de circuitos conmutados.

La Administración de conexiones realiza varias funciones: dependiendo de los diferentes servicios que se usan, la Administración de portadoras ofrece todo tipo de transferencia de datos.

En La figura 1.6 se ilustra como se llevan a cabo las FUNCIONES DE ADMINISTRACIÓN DE CONEXIÓN luego se tiene una breve descripción de estas funciones, en los distintos servicios en donde estas se aplican como son los servicios de tiempo real y los servicios de tiempo no real y sus características:



Fuente: [Http://www.Business-Interactive.Com/Wiley/Demo.Htm-Umts Essentials](http://www.Business-Interactive.Com/Wiley/Demo.Htm-Umts%20Essentials)

FIGURA 1.6. FUNCIONES DE ADMINISTRACIÓN DE CONEXIÓN

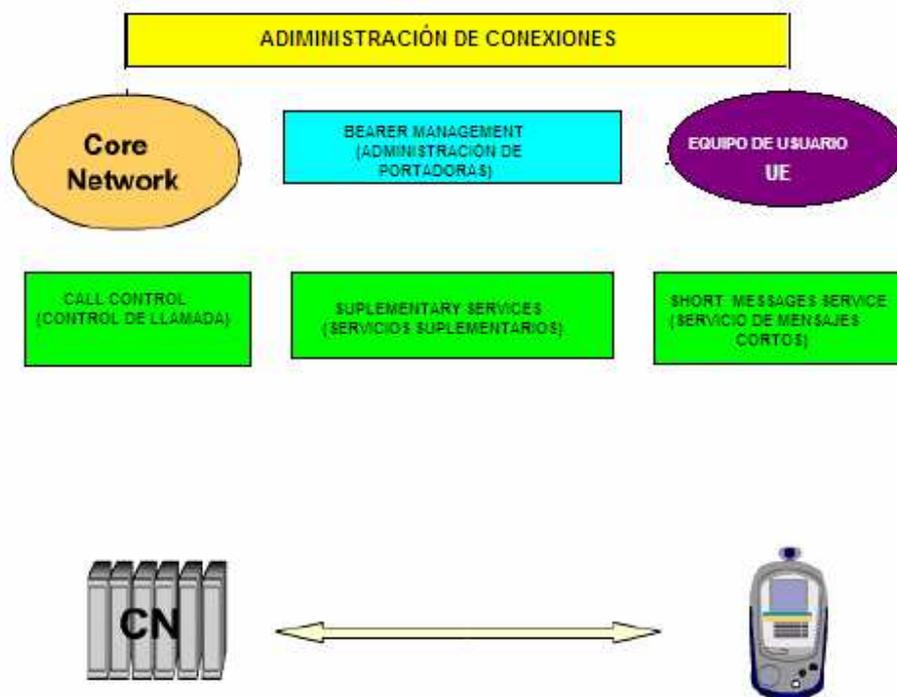
Tal como se mencionó los servicios pueden ser: servicios de tiempo real (*Real Time Services*, RT) con un retardo fijo y tasa de bits regular, ó servicios en tiempo no real (*Non-Real Time Services*, NRT), con retardo variable.

Los servicios de tiempo real (RT) requieren una tasa de bits fija, para lo cual típicamente es usada la conexión de conmutación de circuitos.

La conexión entre el equipo de usuario (UE) y la red núcleo (CN) es llamada Portadora de Acceso de Radio (Radio Access Bearer, RAB).

El *Core Network* inicia el establecimiento, modificación, monitoreo y terminación de una RAB.

La UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) lleva a cabo todas las funciones mostradas en la figura 1.7:



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

FIGURA 1.7. FUNCIONES DE ADMINISTRACIÓN DE CONEXIÓN (2)

El Control de Llamada (*Call Control*, CC) define los procedimientos usados para el establecimiento, monitoreo y terminación de las llamadas originadas por el móvil y

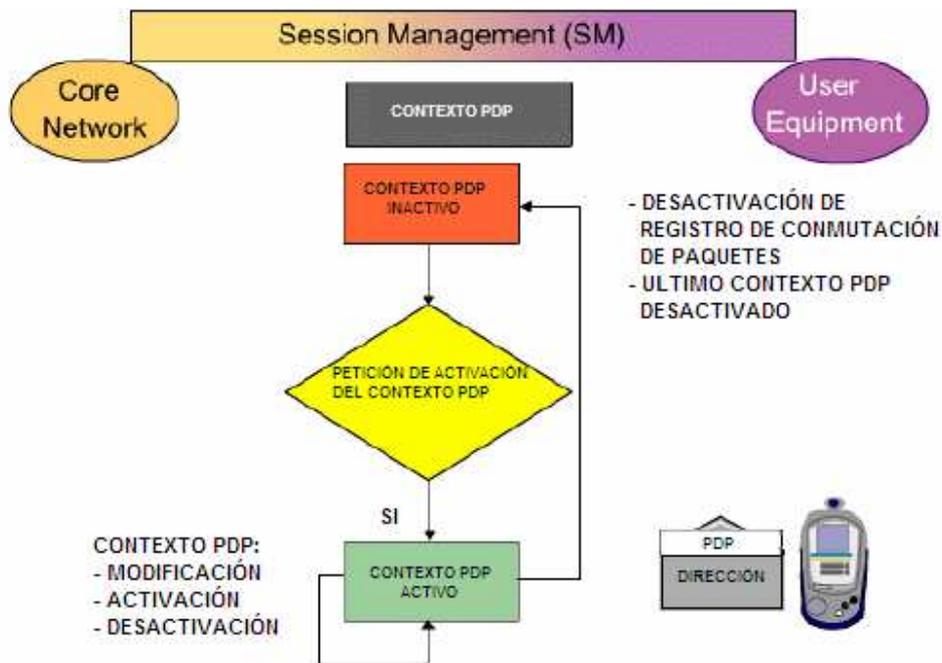
terminadas por el móvil en el dominio de conmutación de circuitos, por ejemplo en la MSC.

Los Servicios Suplementarios (*Supplementary Services*) no son necesarios para el establecimiento de la conexión. Estos están directamente relacionados a la llamada en sí y a hacer más confortable el uso de la red. El correo de voz es un ejemplo típico de servicio suplementario.

El Servicio de mensajes cortos (*Short Message Service*) es también una tarea del *Core Network* y trabaja de la misma forma que en GSM.

- **Administración de Sesión (*Session Management*)**

Es responsable de la configuración, monitoreo y terminación de una conexión de conmutación de paquetes. Las funciones de administración de sesión se muestran en la figura 1.8:



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

FIGURA 1.8. FUNCIONES DE ADMINISTRACIÓN DE SESIÓN

La Administración de sesión (*Session Management*) define el establecimiento, monitoreo y terminación de una conexión de conmutación de paquetes. Para este propósito, se usa información definida en el contexto PDP, como la calidad de servicio.

El contexto PDP puede tener dos estados:

- Contexto PDP Activo
- Contexto PDP Inactivo

Si el contexto PDP está inactivo, no es activado el direccionamiento PDP, es decir, el equipo de usuario (UE) no puede ser contactado.

Después de una petición de activación exitosa del contexto PDP, una dirección PDP es asignada al equipo de usuario (UE). Así el UE puede ser contactado, y la información de ruteo y localización es actualizada tan rápido como el UE cambia de área de localización (*Location Area*).

En el estado de contexto PDP activo, el contexto PDP existente puede ser modificado. Adicionalmente otro contexto PDP además del existente puede ser activado.

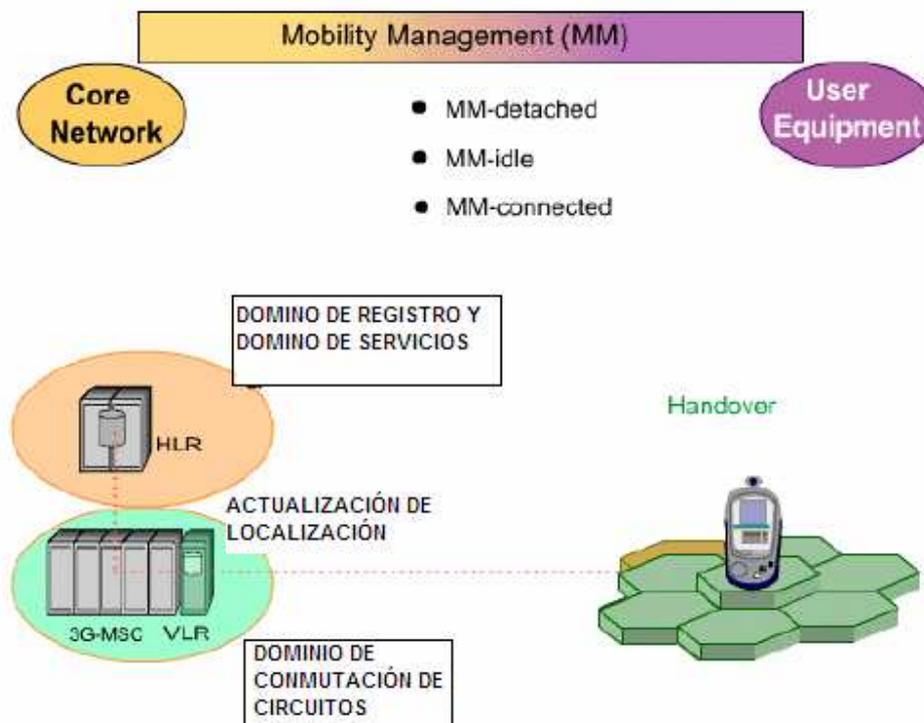
El equipo de usuario puede cambiar al estado inactivo a través de una cancelación del registro en la conmutación de paquetes o después de la desactivación del último contexto PDP.

- **Administración de Movilidad (*Mobility Management, MM*)**

Es usada para determinar la ubicación de un equipo de usuario y así poder configurar y establecer una conexión.

Las funciones de administración de movilidad toman a cargo todos los procesos de localización del móvil dentro de la red por medio de la actualización de los registros destinados para estas funciones.

La figura 1.9 ilustra las funciones de administración de movilidad:



Fuente: [Http://Www.Business-Interactive.Com/Wiley/Demo.Htm](http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm)-Umts Essentials

FIGURA N° 1. 9. FUNCIONES DE ADMINISTRACIÓN DE MOVILIDAD

La Administración de movilidad sirve para localizar un equipo de usuario (UE) de esta manera una conexión puede ser establecida.

El Core Network de conmutación de circuitos reconoce tres estados de un equipo de usuario:

- SIN REGISTRAR (*Detached*):

El equipo de usuario se encuentra apagado

- INACTIVO (*Idle*):

El equipo de usuario aún no está conectado, pero una conexión de señalización puede ser activada si se requiere

- CONECTADO (*Connected*):

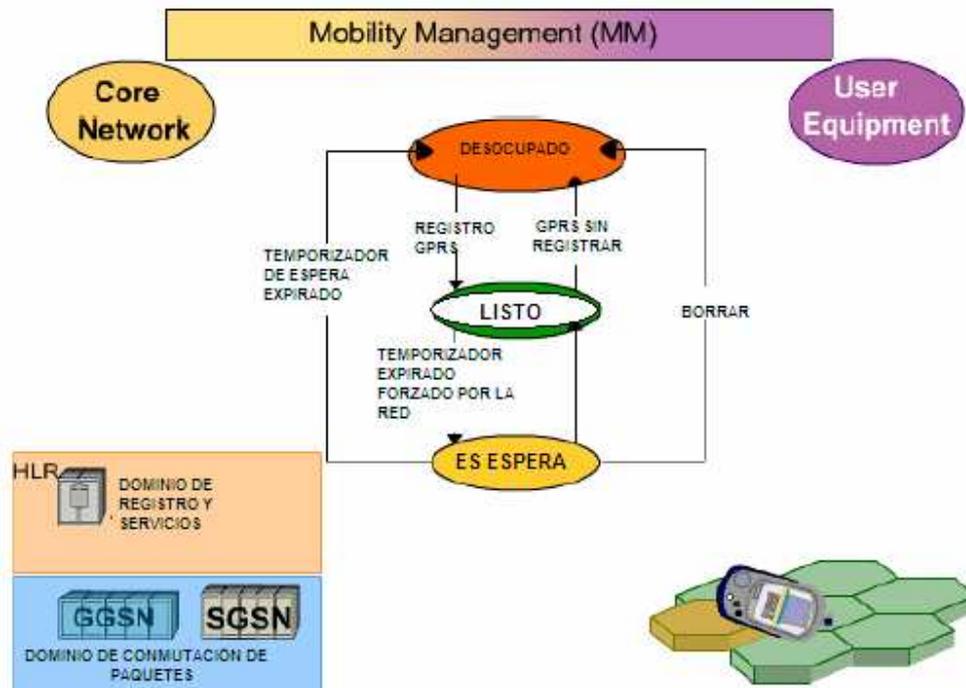
Existe una conexión activa

La ubicación del equipo de usuario es guardada en el dominio de registro (HLR y VLR) y debe ser actualizada tan pronto como el UE cambie su ubicación mientras esté en el estado IDLE. Este procedimiento es conocido como actualización de ubicación (*Location Update*).

Si el UE cambia de ubicación mientras hay una conexión activa, la conexión podría ser tomada a cargo por otra celda diferente.

Este procedimiento es disparado por cambios en la calidad del enlace de radio y es llamado HANDOVER. El HANDOVER es parte de la Administración de recursos de radio llevada a cabo por la UTRAN (parte de radio frecuencia de la red UMTS).

Todos estos posibles estados y el paso entre cada uno de los mismos se muestran en la figura 1.10:



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

FIGURA N° 1. 10. FUNCIONES DE ADMINISTRACIÓN DE MOVILIDAD (2)

El *Core Network* de conmutación de paquetes reconoce tres estados de un equipo de usuario:

- Desocupado (*Idle*)
- Listo (*Ready*)
- En espera (*Standby*)

Primero, el equipo de usuario está en el estado Desocupado (*Idle*). No está conectado al *Core Network* de conmutación de paquetes. Para cambiar al estado Listo (*Ready*), el UE debe registrarse en la red. En este caso, el proceso es conocido como Registro GPRS (*GPRS Attach*). Así el equipo de usuario es reconocido por la red y puede enviar y recibir datos. Las actualizaciones de área de celda y área de ruteo son también ejecutadas en este estado.

Después de cierto período sin transferencia de datos, un temporizador cambia al equipo de usuario al estado de espera (*Standby*). Este cambio puede ser forzado también por la red. En el estado de espera (*Standby*), el equipo de usuario sólo ejecuta actualizaciones de área de ruteo.

Tan pronto como algún dato es transferido desde o hacia el equipo de usuario, este cambia de estado de *Standby* a *Ready*.

El proceso de cancelación del registro del equipo en la red se conoce como *GPRS Detach*. Después de realizar este proceso el UE regresa al estado *Idle* (desocupado), es decir, no está más en la red GPRS.

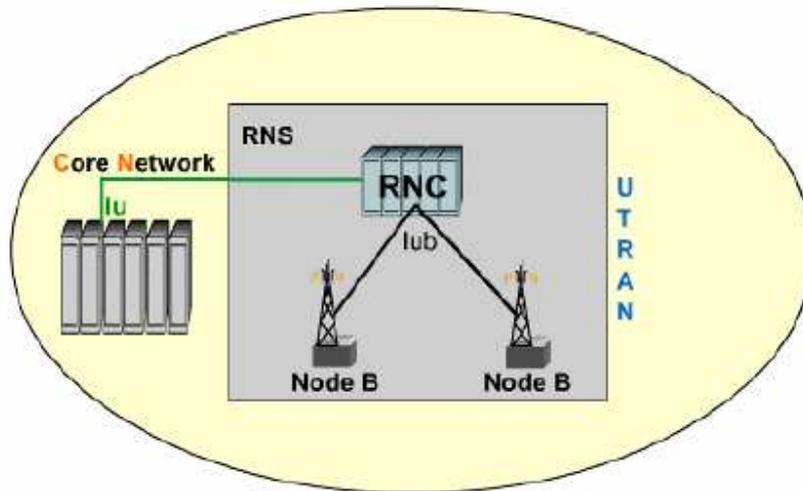
El cambio directo de estado *Standby* al estado *Idle* es otra posibilidad. Este sucede después de que un temporizador especial expira. Además el comando "*Delete*" permite cambiar del estado *Standby* o *Ready* al estado *Idle*.

En la primera fase de UMTS, elementos modificados de las redes GSM se han usado en el dominio de conmutación de circuitos del *Core Network*.

En el dominio de conmutación de paquetes del *Core Network*, se ha usado la red GPRS. Esta está conformada por los elementos de red: *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) y el *Serving GPRS Support Node* (SGSN) que ha sido modificado para su uso en UMTS.

1.1.2.2. UTRAN Universal Terrestrial Radio Access Network

La figura 1.11 a continuación expone las partes de la UTRAN:



FUENTE: [HTTP://WWW.BUSINESS-INTERACTIVE.COM/WILEY/DEMO.HTM](http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm)-UMTS ESSENTIALS

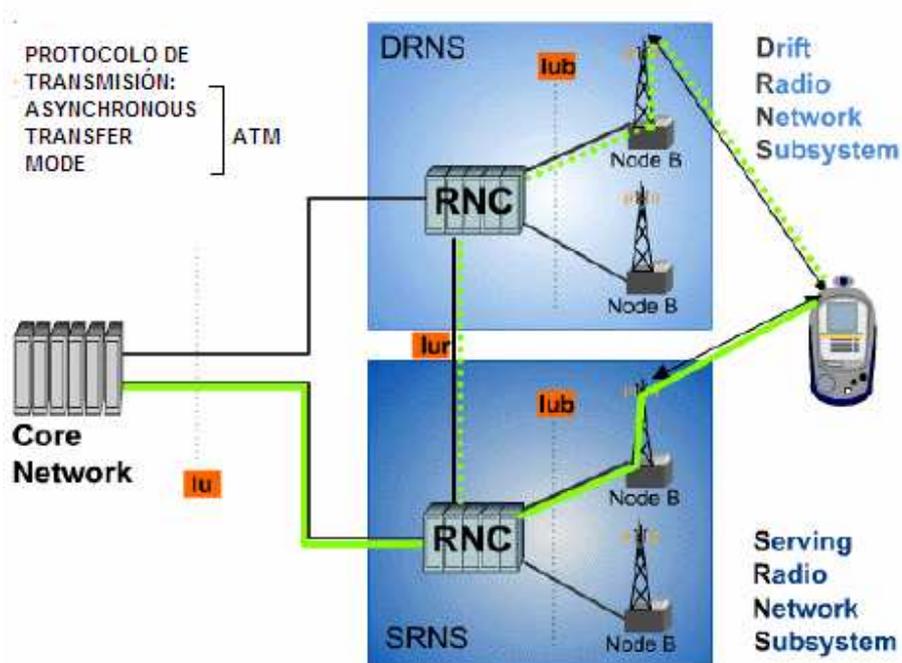
FIGURA N° 1. 11. UTRAN

La UTRAN es similar al subsistema *Base Station* en redes GSM. Esta consiste de elementos de red responsables de la administración de recursos de radio (*Radio Resource Management*).

La UTRAN contiene varios subsistemas de red de radio (*Radio Network Subsystems*, RNS), los cuales están conectados al *Core Network* por medio de la interfaz Iu. Cada RNS administra los recursos de radio de todas sus conexiones.

Los RNS están formados por el Radio Network Controller (RNC), y uno o más Node B.

El RNC está conectado al Node B mediante la interfaz Iub.



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

FIGURA N° 1. 12. UTRAN, INTERFACES Y CORE NETWORK

En la figura 1.12 se observa al RNS servidor (SRNS) para la conexión entre el equipo de usuario y el Core Network.

El equipo de usuario, sin embargo, puede también estar conectado a RNS adicionales, si se necesitara de recursos de radio adicionales. Estos son llamados RNS derivados DRNC, la combinación de datos así como la señalización entre RNC es realizada por la interfaz lur.

Como las interfaces lub, lur e lu requieren gran capacidad, el potente modo de transferencia asincrónica (ATM) es usado como protocolo de transmisión.

1.1.2.2.1. Funciones de la UTRAN



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

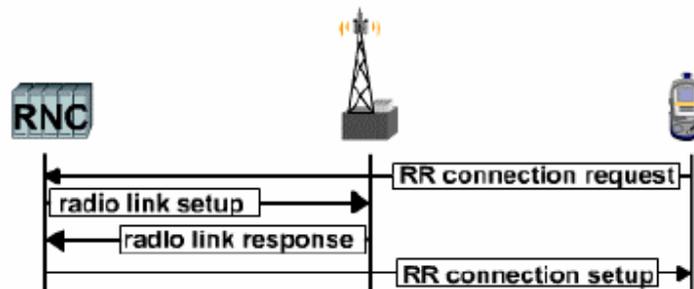
FIGURA N° 1. 13. FUNCIONES DE LA UTRAN

La UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*), red terrestre universal de acceso, provee las siguientes funciones, que son las que se indican en la figura 1.13.

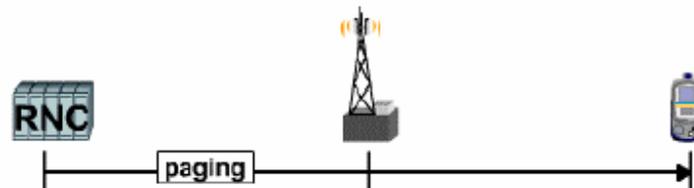
- **Control de Recursos de Radio (RRC, *Radio Resource Control*)**

La figura 1.14 explica el control de recursos de radio:

- ADMINISTRACIÓN Y LIBERACIÓN DE RECURSOS DE RADIO
- FUNCIÓN DEL RADIO NETWORK CONTROLLER (RNC)
- ESTABLECIMIENTO DEL LLAMADA ORIGINADA POR EL MOVIL (MOC)



- LLAMADA TERMINADA POR EL MÓVIL (MTC)



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

FIGURA N° 1. 14. RRC

El control de recursos de radio, que es la administración y liberación de los recursos de radio, es función del RNC (*Radio Network Controller*).

Cuando una llamada originada por el móvil (MOC) es establecida, la conexión es iniciada por un procedimiento de paging. Esta función es parte de la administración de movilidad.

Entre otras cosas, el control de recursos de radio es requerido para mejorar la calidad del servicio de portadora.

- **Control de Admisión**

El servicio de control de admisión sirve para evitar situaciones de sobrecarga en la red de radio. Basado en medidas de interferencia y carga de la red dentro de la celda, el RNC (*Radio Network Controller*) decide si permite o no conexiones adicionales.

Cada nueva conexión a los equipos de usuario ocupa algunos de los recursos disponibles. Si no existen más recursos disponibles, el RNC niega el acceso al nuevo equipo de usuario a la red.

- **Control de Congestión**

Si los suscriptores activos en una celda causan una situación de sobrecarga, el control de congestión provee funciones que llevan al sistema de regreso a un estado estable y administrable.

El control de congestión puede por ejemplo:

- Forzar un Handover hacia otro NODE B
- Forzar un Handover hacia GSM
- Reducir la tasa de bits de suscriptores individuales
- Liberar controladamente conexiones activas

- **Asignación de Códigos**

El RNC (*Radio Network Controller*) es responsable de la asignación de códigos, es decir, los códigos para conexiones individuales. El RNC monitorea constantemente los códigos usados en los NODE B.

Los códigos deben ser únicos dentro de una celda simple y sus celdas vecinas.

• Control de Potencia

Existen muchas razones por las cuales el control de potencia es muy importante en una red UMTS.

En UMTS, las mismas frecuencias son usadas en las celdas activas y sus celdas adyacentes.

Los altos niveles de potencia de transmisión incrementan innecesariamente el nivel de interferencia dentro de una celda, y esto reduce la capacidad de la red.

Si dos equipos de usuario diferentes a diferentes distancias del NODE B transmiten con el mismo nivel de potencia, el equipo de usuario más cercano hará que la señal del equipo más lejano no se tome en cuenta. Esto es conocido como el problema de cercanía y lejanía (Near/Far Problem).

El control de potencia realiza la tarea de adaptar la potencia de transmisión así las señales son transmitidas con la potencia necesaria para ser recibidas por el NODEB.

UMTS usa tres tipos de control de potencia:

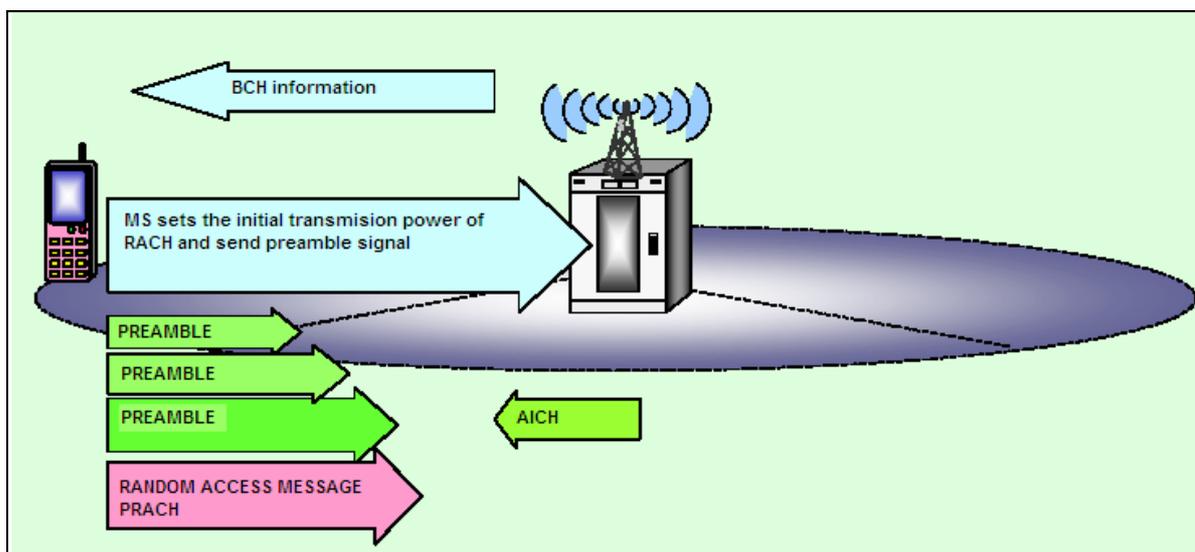
- a) Control de potencia de lazo abierto (*Open Loop Power Control*)
- b) Control de potencia de lazo cerrado (*Closed Loop Lower Control*)
- c) Control de potencia de lazo exterior (*Outer Loop Power Control*)

a) CONTROL DE POTENCIA DE LAZO ABIERTO

Se realiza entre el NODE B y el RNC, al iniciar el primer intento de acceso, el equipo de usuario transmite su información de señalización a la potencia más baja posible que conoce debido a la información recibida desde el RNC en intercambios de señalización anteriores, este intento de acceso se repetirá con pequeños

incrementos de potencia hasta que ésta sea lo suficientemente alta como para ser descifrada por el RNC y el equipo de usuario reciba una señal de AICH (ACCESS INDICATOR CHANNEL) desde el RNC. Así se podrá establecer una conexión con este nivel de potencia.

La figura 1.15 ilustra el control de potencia de lazo abierto.



Fuente: [Http://Www.Business-Interactive.Com/Wiley/Demo.Htm-Umts Essentials](http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm-umts_essentials)

FIGURA N° 1.15. OPEN LOOP POWER CONTROL

b) CONTROL DE POTENCIA DE LAZO CERRADO

Tan pronto como una conexión ha sido establecida, el Node B toma a cargo el control de potencia, basado en la relación de Señal a Interferencia (SIR) y la potencia recibida, el Node B hace que el UE (equipo de usuario) adapte su potencia de transmisión. Esto sucede cada 0.667 milisegundos.

c) CONTROL DE POTENCIA DE LAZO EXTERIOR

Con el control de potencia de lazo exterior el SIR (relación señal a interferencia) necesario en una celda es muy importante, este valor de SIR necesario es crucial

para el funcionamiento de los sistemas CDMA. Un decrecimiento del SIR se manifiesta por ejemplo en un decrecimiento del tamaño de la celda (cobertura), o en una capacidad de red deteriorada.

En este tipo de control de potencia actúa la RNC, si la RNC servidora detecta que una conexión esta desmejorando, ordena al Node B aumentar el SIR necesario en la celda, en una cierta cantidad. El equipo de usuario gradualmente incrementa su potencia de transmisión, hasta que alcanza el nuevo valor de SIR. En el caso reverso, el SIR objetivo será reducido en cierta cantidad y el UE reducirá su potencia de transmisión.

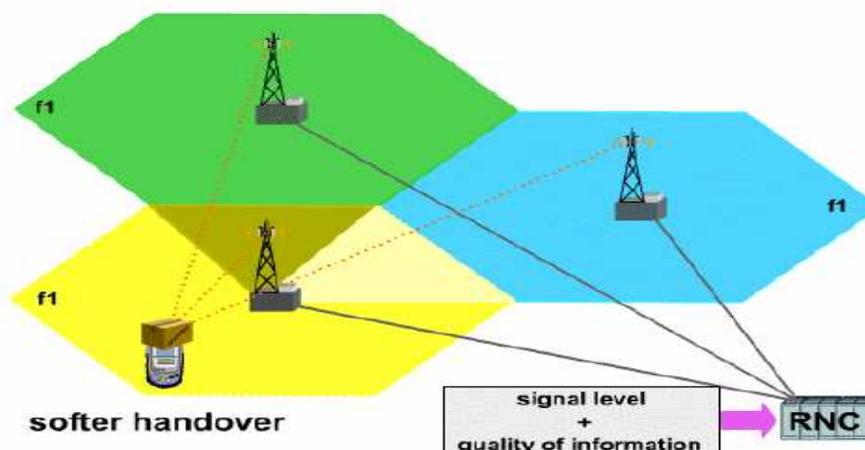
- Control de Handover

En UMTS existen dos tipos de HANDOVER:

- a) *Soft Handover*
- b) *Hard Handover*

a) *SOFT- HANDOVER*

Este tipo de Handover aprovecha las características CDMA de UMTS, es decir, el factor de re-uso de frecuencias igual a uno, y la macro-diversidad.



fuelle:<http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm>-UMTS essentials

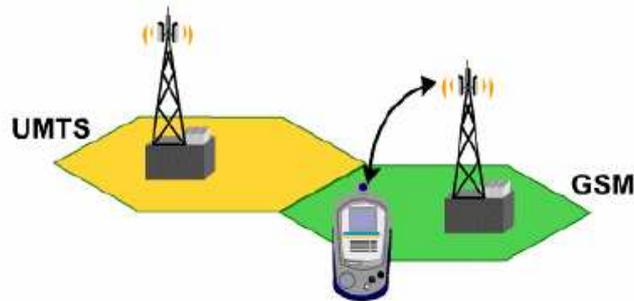
FIGURA N° 1. 16. SOFT Y SOFTER HANDOVER

Como se observa en la figura 1.16, la información enviada por el móvil es enviada por los tres enlaces de radio de la figura, estos son combinados en el RNC, en el sentido opuesto la información enviada por el RNC es multiplicada en los tres enlaces, esto aumenta las medidas de calidad de señal. En este caso como el UE está conectado a dos o tres NodeB al mismo tiempo y con las mismas frecuencias, cuando el RNC detecta un desmejoramiento de la calidad del servidor, ordena el cambio de NODE B servidor, esto es el SOFT HANDOVER, existe una variación de este tipo de proceso que se conoce como SOFTER HANDOVER, esta variación consiste en el cambio de sector servidor dentro del mismo NODE B.

b) *HARD-HANDOVER*

Existen dos variaciones de HARD-HANDOVER, una es el cambio de frecuencia a otra diferente a la del enlace original, y la segunda es el Handover a recursos de red GSM, este se conoce también como INTER-SYSTEM HANDOVER, nació de la idea de que la cobertura UMTS sería solamente para áreas urbanas, al salir de la cobertura UMTS la calidad de la señal disminuye la característica de interoperabilidad de los sistemas de generación 2.5 permite realizar este cambio de

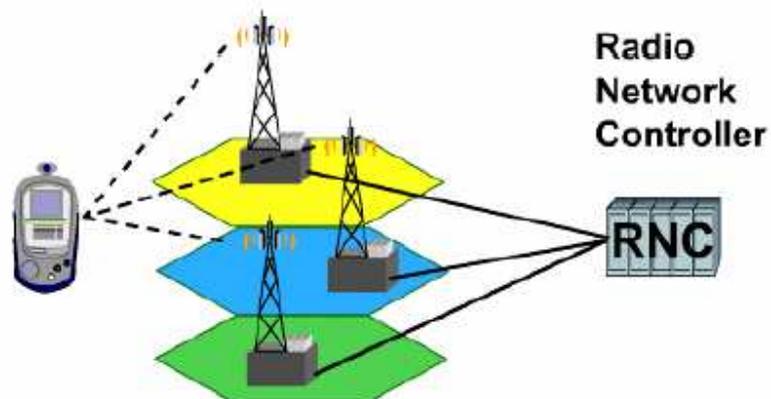
sistema de radio. Así se aprovecharía la cobertura de las redes GSM existentes para no perder conexiones UMTS, como muestra la figura 1.17:



fuelle:[http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm-UMTS essentials](http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm-UMTS_essentials)

FIGURA N° 1.17. INTER-SYSTEM HANDOVER

- **Macro-Diversidad**



fuelle:[http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm-UMTS essentials](http://www.business-interactive.com/wiley/demo.htm-UMTS_essentials)

FIGURA N° 1. 18. MACRO DIVERSIDAD

La función de macro diversidad que se observa en la figura 1.18 permite al equipo de usuario estar conectado a algunas celdas simultáneamente. El UE recibe los datos a través de diferentes conexiones, lo que incrementa la calidad de la comunicación.

En el lado opuesto, varios Node B reciben los datos de un UE, los datos recibidos son reunidos y ordenados en el RNC (*Radio Network Controller*). La macro-diversidad permite al UE transmitir con menos potencia, debido a que muchos caminos de propagación están disponibles. Así existe menos interferencia en celdas individuales.

1.1.2.3. Equipo de Usuario (UE)

El Equipo de Usuario es el elemento de la red por medio del cual el abonado percibe los servicios que la red ofrece, es el teléfono móvil en sí. Este equipo debe ser compatible con la tecnología de la red y ofrecer al usuario un interfaz amigable de acceso a dichos servicios.

El equipo de usuario de UMTS se basa en los mismos principios del GSM-MS (estación móvil de GSM) en cuanto a la separación del equipo móvil y la tarjeta de identificación del usuario "USIM card".

1.1.2.3.1. Funciones del Equipo de Usuario

El equipo de Usuario tiene varias funciones que realiza interrelacionado con los distintos elementos de la red como son:

- **Funciones del UE interrelacionado con el NodeB**

- Codificación e Interleaving
- Control de Potencia
- Mediciones de señal de radio (FER, SIR, Calidad y Potencia)
- Ensanchamiento y De-ensanchamiento
- Modulación y De-Modulación

- **Funciones del UE interrelacionado con el RNC**

- BEC (backward error correction)
- RRC (control de recursos de radio)
- Handover (CS) y Reselección de celda (PS)
- De-cifrado

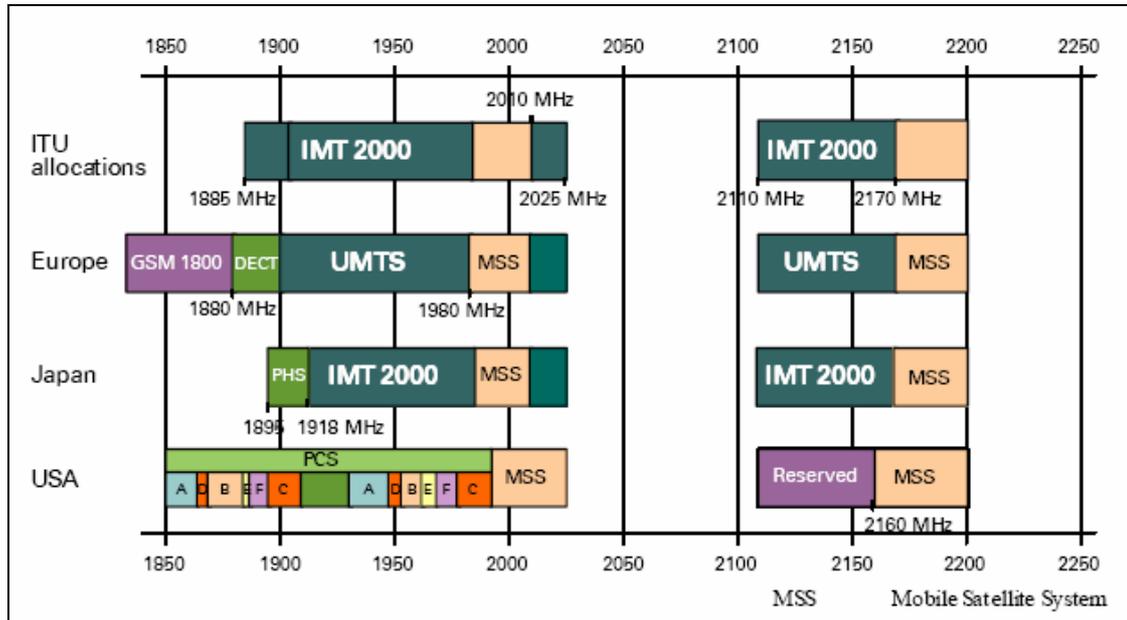
- **Funciones del UE interrelacionado con el CN**

- Administración de Movilidad (Registro de localización, Autenticación, Chequeo de IMEI, Registro y cancelación de Registro)
- Administración de Sesiones (Activación y Desactivación del contexto PDP)
- Negociación de la Portadora/ Requerimiento de servicio

1.2.PROCESO GENERAL DE DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED UMTS

1.2.1. INTRODUCCIÓN

La asignación de recursos de espectro para las diferentes tecnologías de segunda y tercera generación se muestra en la siguiente gráfica:



Fuente: documento Siemens - Basic_PMNO_UMR2.2pdf.pdf

FIGURA N° 1.19. ASIGNACIÓN DE ESPECTRO PARA TECNOLOGÍAS IMT2000

Generalmente, el procedimiento de planeación de radio se puede dividir en dos partes principales: la planeación de la UTRAN y la planeación del Core Network.

En general los procesos de planeación de la UTRAN son los que se describen en la figura 1.20:



fuate:DOCUMENTO-SIEMENS- Basic_PMNO_UMR2.2pdf.pdf

FIGURA N° 1.20. VISTA GENERAL DE LOS PROCESOS DE PLANEACIÓN DE LA UTRAN

La planeación y dimensionamiento de redes de tercera generación dependen en su mayoría de los tipos de tráfico ofrecido y sus mezclas. Además de la aplicación de

voz la mayor parte de las aplicaciones 3G requieren portadoras de alta tasa de transferencia de datos con flujo simétrico y asimétrico.

El grado de servicio requerido para todos estos servicios se toma en consideración en la fase de planeación de cobertura y capacidad.

1.2.2. MODELO DE TRÁFICO

En redes móviles de tercera generación, una mezcla de diferentes tipos de tráfico y perfiles de usuarios deben ser tomadas en cuenta. Debido a la cercana relación entre el tráfico ofrecido, su tipo, y la cobertura provista mediante el análisis de la interferencia, es necesario un conocimiento exacto del tráfico esperado para cualquier planeación deseada. La figura 1.21 muestra los datos de entrada necesarios para el modelo de tráfico:



Fuente: DOCUMENTO-SIEMENS- Basic_PMNO_UMR2.2pdf.pdf

FIGURA N° 1.21. DATOS DE ENTRADA PARA DETERMINACIÓN DEL MODELO DE TRÁFICO

Existen dos clases de tráfico principales. Las características del flujo de tráfico pueden ser definidas por la aplicación y pueden ser divididas básicamente en flujo de datos de conmutación de circuitos (CS) como voz, video conferencia, etc. Y flujo de datos de conmutación de paquetes (PS) como WWW, navegación en Internet, etc.

1.2.3. REQUERIMIENTOS DE COBERTURA

La figura 1.23 muestra los parámetros necesarios para la evaluación de los rangos de celdas.



Fuente: DOCUMENTO-SIEMENS- Basic_PMN0_UMR2.2pdf.pdf

FIGURA N° 1.22. PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA

Debido a la cercana interconexión de la interferencia, velocidad de datos y cobertura de celdas, las coberturas requeridas para las diferentes tasas de información son necesarias para la evaluación del rango de celdas.

La provisión de determinada cobertura para cierta tasa de información será medida en términos de probabilidad de localización en el límite de una celda o dentro del área de la celda. El valor del margen de sombra derivado depende también de la desviación estándar asumida por el tipo de *Clutter* considerado, el tipo de *Clutter* no es más que la característica de densidad de edificaciones en determinada área, esta definición se explica detalladamente en el capítulo II: "Obtención de datos iniciales". La velocidad del usuario y el ambiente (perfil del canal) determina el valor E_b/N_0 requerido para la portadora considerada.

Las pérdidas por cuerpo y las pérdidas de penetración son tomadas en cuenta para el margen que va a ser considerado debido a la ubicación del suscriptor (outdoor o indoor) y el tipo de UE (equipo de usuario) y su aplicación.

El tipo de Clutter determina la selección de un apropiado modelo de propagación.

El rango de celda está fuertemente relacionado a la carga de la celda por medio de un margen de interferencia, el cual tiene que ser determinado de acuerdo a la carga de celda asumida. Por lo tanto la estimación de cobertura de celda se encuentra relacionada con la estimación de la capacidad por medio de la carga de la celda y la interferencia en la red.

1.2.4. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

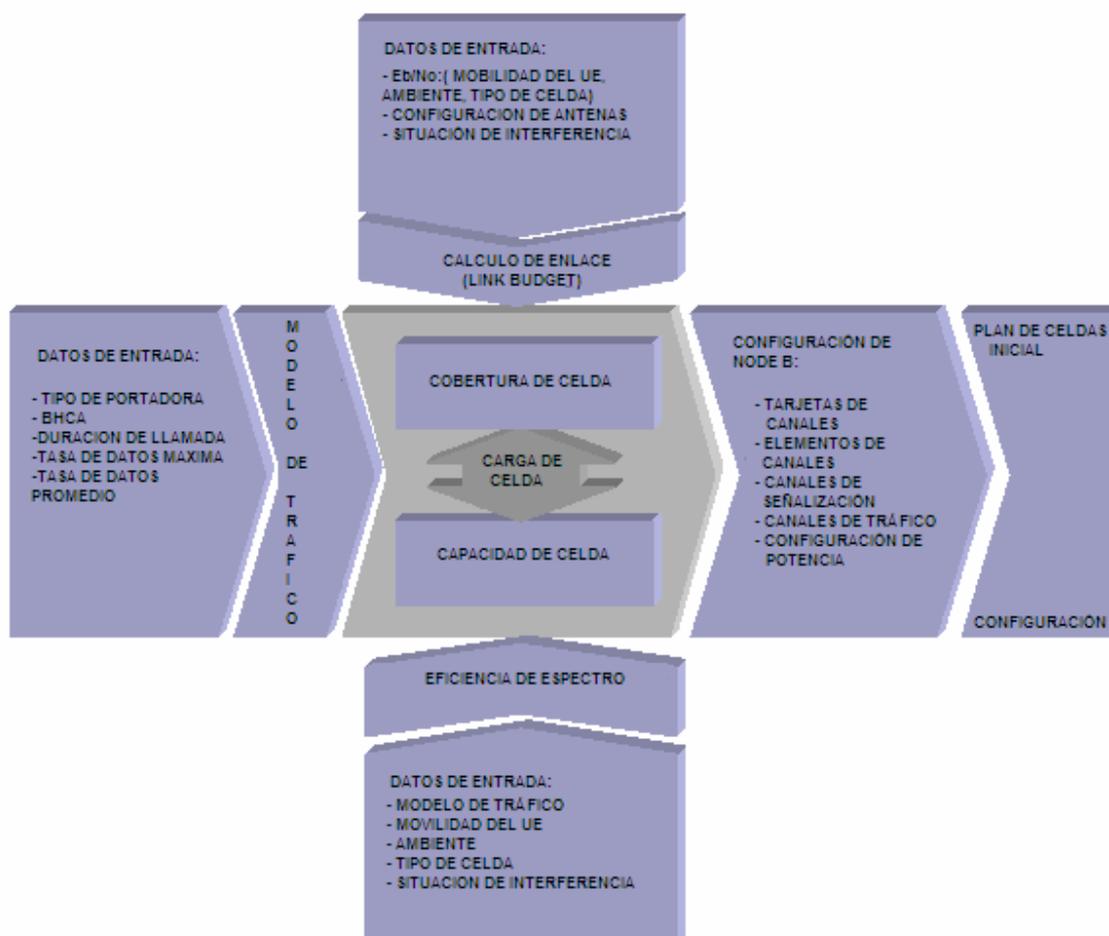
Los requerimientos de calidad comprenden en primer lugar los aspectos de cobertura y los aspectos de calidad de servicio. Existen cuatro tipos principales de QoS descritos en los estándares 3GPP: de conversación (conversational), flujo (streaming), interactivo (interactive) y de ambiente (background).

Actualmente el diseño de redes y su dimensionamiento están principalmente basados en “El mejor esfuerzo” en aplicaciones PS y en el requerimiento de bloqueo para las aplicaciones CS.

1.2.5. RED DE RADIO- PLANEACIÓN DE CELDAS

La planeación de celdas depende de cuatro datos de entrada principales o condiciones de dimensionamiento. Estas partes son: el tráfico ofrecido y su distribución, el cálculo del enlace (link budget), la eficiencia de espectro y la configuración de hardware de los Node B.

En la figura 1.24 se muestra el proceso de planeación de celdas.



fuelle:DOCUMENTO-SIEMENS- Basic_PMNO_UMR2.2pdf.pdf

FIGURA N° 1.23. VISTA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE PLANEACIÓN DE CELDAS.

El dimensionamiento de celdas para WCDMA requiere un conocimiento de un modelo de tráfico confiable y distribución en el área de servicio. Si la carga de la celda aumenta, el rango de celda se contrae. La cobertura de celda y la capacidad de celda están interrelacionados por la carga de la celda. La carga de la celda en porcentaje está definida por el tráfico soportado en ese instante en Kbps y la máxima capacidad en Kbps de la celda.

La capacidad de la celda puede ser estimada con el uso de la eficiencia de espectro que es deducida de la simulación de nivel del sistema para diferentes tipos de portadora, tipos de celda, movilidad del UE, ambientes (perfil de canal de radio) y

situaciones de interferencia que están basadas en el diseño de celdas y las coberturas de las mismas.

La cobertura de celdas se puede estimar con la configuración de antenas, potencia de salida de los Node B, potencia de salida de los UE, la E_b/N_0 requerida, situación de interferencia, etc.

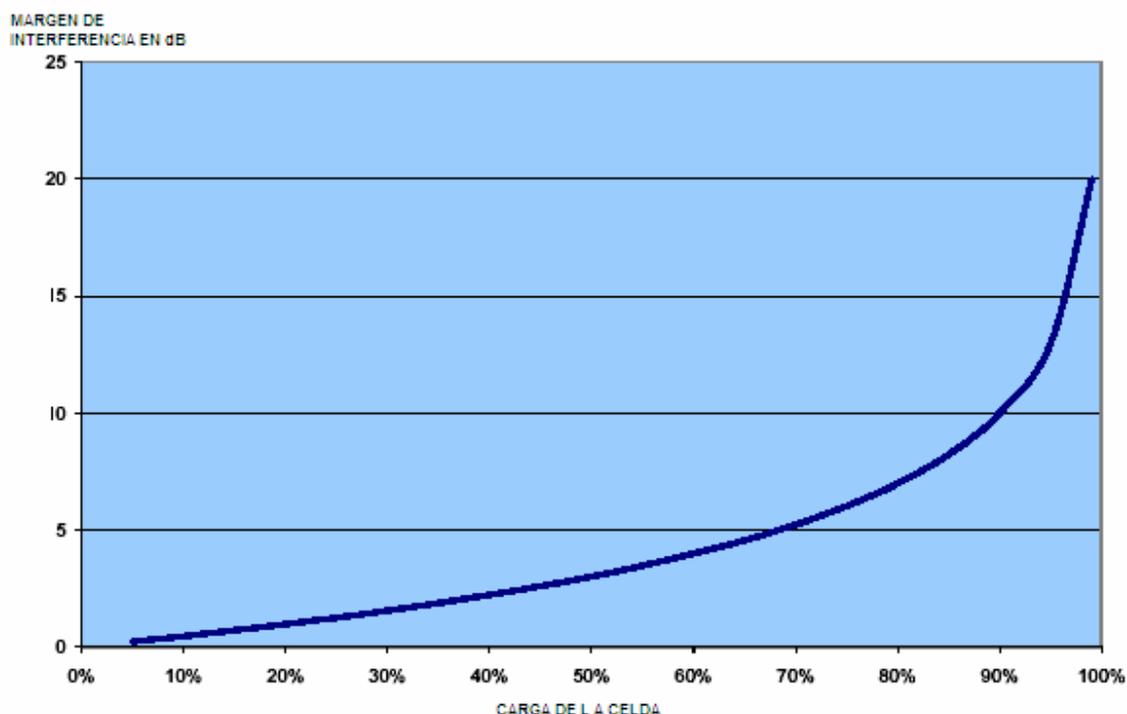
1.2.6. COBERTURA DE CELDA

La cobertura de celda es calculada con un modelo de propagación apropiado de la máxima pérdida de camino permitida (*pathloss*). La pérdida de camino consiste de dos partes: la pérdida de camino de sistema y la pérdida de camino debida a los requerimientos de cobertura.

La pérdida de camino de sistema es básicamente la diferencia entre el mínimo nivel de recepción en el UE en el correspondiente receptor del Node B y la potencia de transmisión efectiva (EIRP) en los correspondientes nodos. El EIRP comprende la ganancia de antena, las pérdidas de los combinadores y alimentadores de las antenas. El mínimo nivel de recepción toma en cuenta el ruido térmico, el ancho de banda de la portadora, la tasa datos de la portadora, la figura de ruido de los receptores, los valores de E_b/N_0 (deducido de las simulaciones de nivel de enlace), situaciones de interferencia (carga de la celda), ganancias de diversidad y márgenes de corrección (causados por el ambiente considerado).

La carga de la celda provoca un margen de ruido adicional (rise/interference margin) en el sistema.

En la figura 1.25 se muestra el margen de interferencia versus la carga de la celda para el enlace de uplink:



fuelle:DOCUMENTO-SIEMENS- Basic_PMN0_UMR2.2pdf.pdf

FIGURA N° 1.24. MARGEN DE INTERFERENCIA VS. CARGA DE CELDA

Los requerimientos de cobertura se consideran por un margen de sombra y una pérdida de penetración. La probabilidad de ubicación (área o límite de la celda) y la desviación estándar del desvanecimiento lento definen el margen de sombra. El margen de penetración está definido por el tipo de *Clutter* del área de servicio.

El modelo de propagación depende del tipo de *Clutter* y el tipo de celda escogida para ser planeada. Comúnmente se asumen tres tipos de celda: macro celdas, micro celdas y pico celdas. La macro celda se caracteriza por tener una altura de antena mayor de 3 metros sobre la altura promedio de las edificaciones en los alrededores. La micro celda se usa mucho en lugares con donde la edificaciones altas hacen difícil la penetración de la señal y la altura de la antena está entre 3 y 6 metros, por consiguiente se encuentran significativamente por debajo de la altura de techo mayor. La pico celda es utilizada dentro de algún edificio precisamente para dar la cobertura llamada de INDOOR (interior de una edificación).

1.2.7. CAPACIDAD DE LA CELDA

La capacidad de una celda se basa en el modelo de tráfico y su distribución, el rango de celda y la eficiencia de espectro.

Un modelo de tráfico confiable y la distribución de tráfico en el área de servicio es el requisito más importante para el cálculo del tráfico ofrecido para el área correspondiente.

El rango de celda es limitado por el ruido de la red y la interferencia. La interferencia se considera mediante el llamado margen de interferencia dependiendo de la carga de la celda. La carga actual de la celda es la relación entre todo el tráfico cursado en la celda y la capacidad máxima.

El tráfico total de celda se calcula de la cobertura de celda y la distribución de tráfico. La capacidad máxima se puede estimar con una fórmula analítica o desde los resultados de nivel de las simulaciones del sistema.

Para una distribución de tráfico dada (Kbps/Km²), se puede calcular el tráfico ofrecido por el sistema y la celda. En la mayoría de los casos, la cobertura de la celda se estima para una determinada carga de celda de alrededor de 50 y 60 %. Con esos dos valores la carga actual de celda puede ser calculada. Si los dos valores, carga predefinida de celda y carga de celda actual calculada, difieren significativamente, se debe considerar un balanceo de carga versus cobertura de celda. Este método puede ser aplicado para áreas de baja densidad de tráfico donde el tráfico predicho (debido a los estudio de marketing) no alcanza el 50% del valor que dicha celda debería alcanzar dentro de un tiempo prudencial de funcionamiento de la red.

Si la carga actual de la celda es mayor que la carga de celda máxima permitida especificada, se debe aumentar portadoras de radio. Si no existen portadoras de

radio disponibles, se debe considerar la división de la celda o la introducción de nuevas capas de cobertura como micro celdas o pico celdas.

1.2.8. ASPECTOS DE HARDWARE – NODEB

Los aspectos de hardware de los NodeB comprende la posible configuración de hardware en términos de disponibilidad de tarjetas de canal y los elementos de canal para señalización y tráfico de los usuarios. La evaluación de las tarjetas de canal requeridas se basa en el número de usuarios simultáneos y los tipos de portadoras usadas tomando en cuenta el GoS (grado de servicio) y QoS (calidad de servicio) requerido.

Adicionalmente, el conocimiento de los usuarios simultáneos y las portadoras usadas permitirán además, el cálculo de la potencia de salida del NodeB por canal de tráfico. La potencia máxima de salida provista por el NodeB podría también limitar el rango de celda para ciertos modelos de tráfico y situaciones de interferencia.

CAPÍTULO II

2. OBTENCIÓN DE DATOS INICIALES

2.1.SITUACIÓN ACTUAL DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR

El crecimiento de los usuarios de telefonía móvil y de los actuales servicios que este tipo de tecnología presta, muestra un crecimiento muy alto en los últimos años en el mundo y el Ecuador no es excepción en este aspecto, a continuación se muestran tablas descriptivas de la situación actual de la telefonía móvil en el país según datos proporcionados por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL).

2.1.1. USUARIOS MÓVILES POR OPERADOR Y TECNOLOGÍA

En la tabla N° 2.1, se muestra el número de usuarios de telefonía móvil de los tres operadores: OTECEL, CONECEL y TELECSA, que al momento prestan este tipo de servicio en el país hasta mayo del año 2006:

		OTECCEL			CONECEL		TELECSA	TOTAL	TOTAL NACIONAL
TECNOLOGÍA		TDMA	CDMA	GSM	TDMA	GSM	CDMA-2000 1X		
USUARIOS	POSTPAGO	26,243	248,736	112,066	6,069	495,891	40,925	929,930	7,620,249
	PREPAGO	152,505	1,116,570	976,343	457,034	3,765,518	222,349	6,690,319	
TOTAL OPERADOR		2,632,463			4,724,512		263,274		

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Tabla N° 2.1 USUARIOS MÓVILES POR OPERADOR, TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN Y TOTALES.

2.1.2. FACTOR DE PENETRACIÓN DEL SERVICIO CELULAR

El factor de penetración es un indicador numérico resultado de la relación entre los usuarios de un país comparado con el número de total de sus habitantes, este factor facilita la predicción de la posible cantidad de usuarios dentro de una muestra de población como ciudades o poblados rurales. Así:

$$p = \frac{\#total\ de\ usuarios}{\#total\ de\ habitantes} \quad \text{Ecuación 2.1.}$$

Ahora, si se considera solamente la mitad de la cantidad de usuarios de un solo operador, el de mayor cantidad de suscriptores, suponiendo que el sistema contará con esa cantidad de consumidores en la fase inicial de funcionamiento de la misma, entonces de los datos mostrados en la tabla N° 2.1 se obtiene un grado de penetración de servicio actual, tomando como base los datos de la operadora CONECEL (PORTA) de la siguiente manera:

(Referencia: Anexo 5-Factor de Penetración UMTS)

$$p = \frac{4,724,512}{13,000,000} = 0.3634$$

Y el factor de penetración a usar en el diseño, tomando en cuenta la consideración del número inicial de usuarios UMTS antes mencionada, sería:

$$p_{UMTS} = \frac{p}{2} = 0.181712 \quad \text{Ecuación 2.2.}$$

2.2.DATOS DEMOGRÁFICOS

A continuación se presentan los datos de población de las ciudades en las que se prestará cobertura como son: Quito, Riobamba, Ambato, Tulcán, Ibarra, Guayaquil, Cuenca, y Loja. Se han escogido estas ciudades porque estas presentan buenas características en cuanto a posibles usuarios de este tipo de tecnología.

Se ha asumido un factor de crecimiento poblacional de 1.181, calculando la relación entre los 13'000000 de habitantes aproximados en el Ecuador en el año 2005 y la población del censo del año 2001, para definir estos datos debido a que no existen datos de las mismas desde el último censo de INEC en el año 2001.

CIUDAD	POBLACIÓN (censo 2001)	POBLACIÓN 2005 (proyección)
Ambato	287,591	339,881
Cuenca	418,508	494,601
Guayaquil	2,031,953	2,401,399
Ibarra	153,212	181,069
Loja	175,655	207,593
Quito	1,838,709	2,173,020
Riobamba	193,793	229,029
Tulcán	76,389	90,278
TOTAL	5,175,810	6,116,867

TABLA N° 2.2 POBLACIÓN DE LAS CIUDADES EN ESTUDIO

Actualmente el principal servicio ocupado en telefonía celular es la comunicación de voz y transmisión de mensajes de texto, aunque también se puede encontrar servicios de navegación web, transferencia de archivos, y actualmente video streaming que es la transmisión de video (en tecnología CDMA).

2.2.1. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE SERVICIO

La determinación de las áreas de cobertura en un diseño de red UMTS es muy importante ya que el factor de cobertura puede llegar a ser el limitante crítico de este tipo de diseño, incluso más crítico que el factor de tráfico.

Se han estimado mediante el uso de los mapas de las ciudades de: Quito, Riobamba, Ambato, Tulcán, Ibarra, Guayaquil, Cuenca, y Loja las áreas donde se espera cobertura UMTS, y se ha determinado su extensión para usar este valor en el diseño de la red.

A continuación en las figuras N° 2.1 a la N° 2.9, se muestran mapas en los que se puede observar la cobertura aroximada de la red a diseñar:

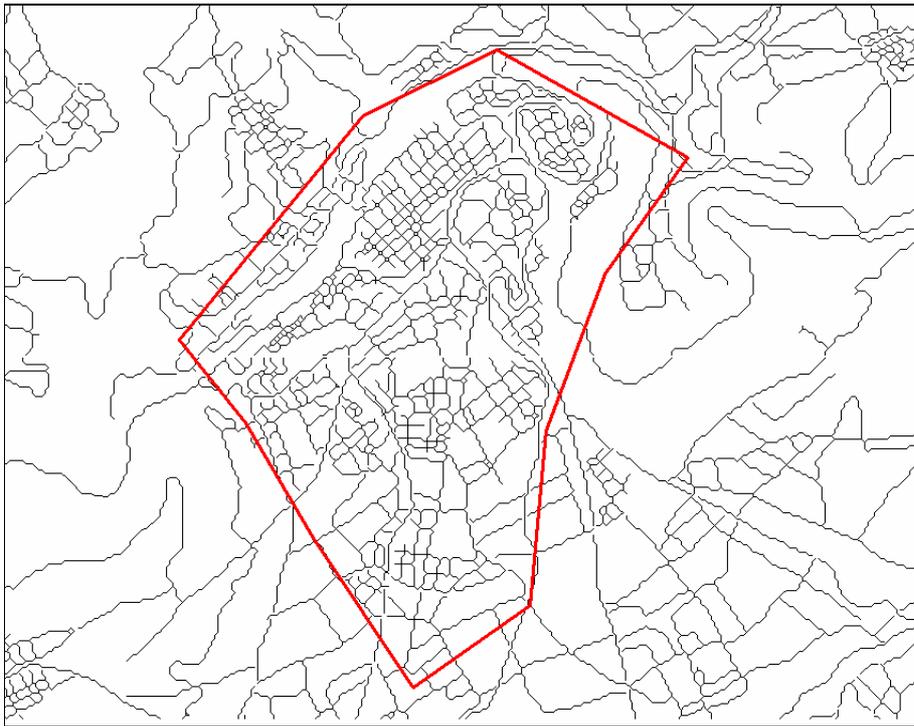


FIGURA 2.1 ZONA DE COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE AMBATO

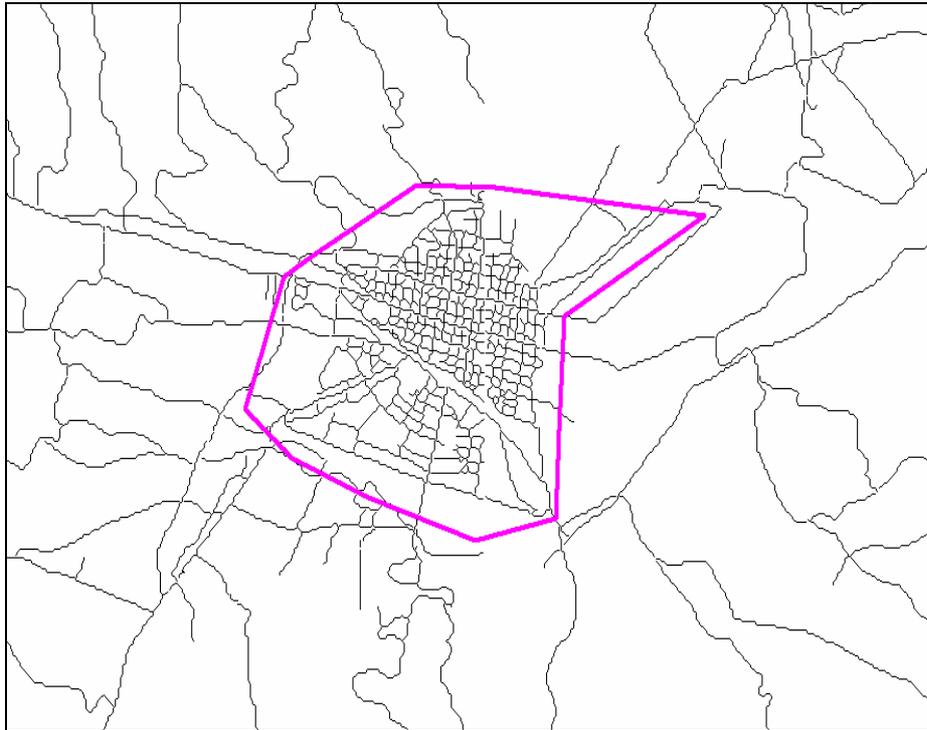


FIGURA 2.2 ZONA DE COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE CUENCA

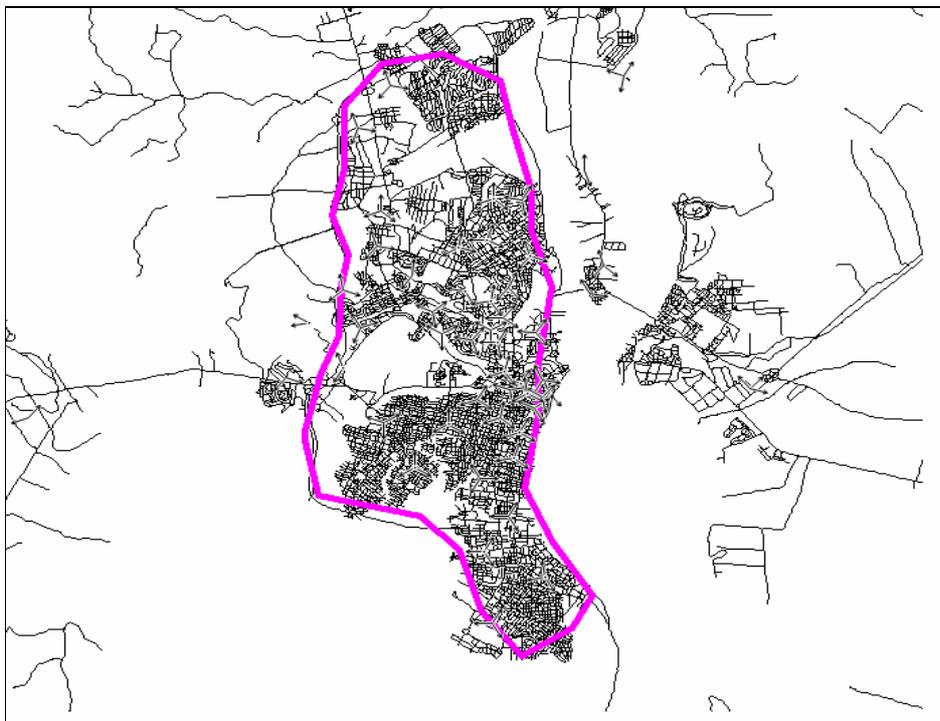


FIGURA 2.3 ZONA DE COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

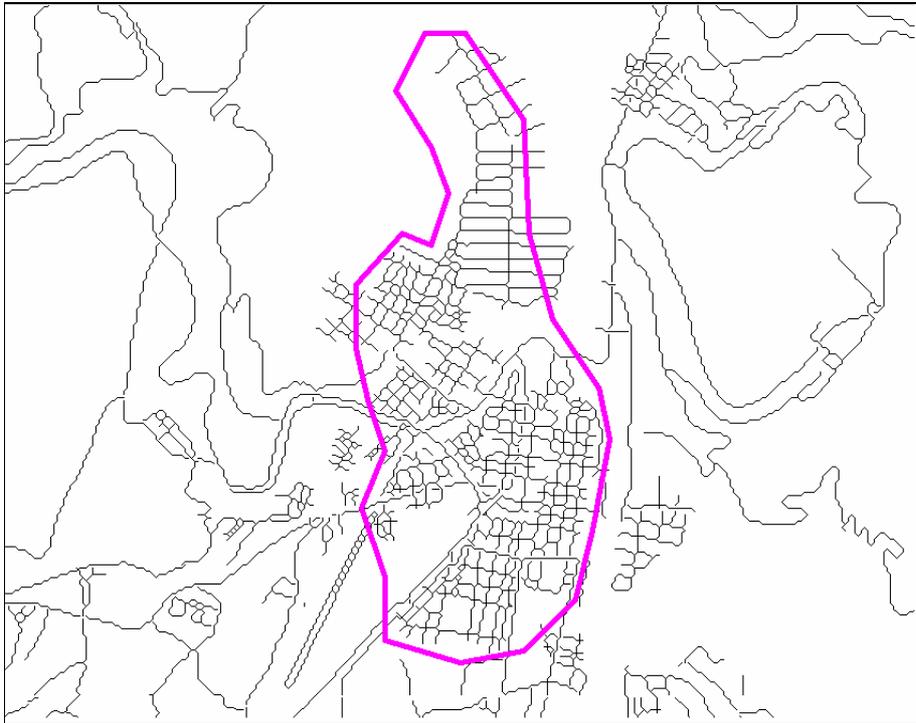


FIGURA 2.4 ZONA DE COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE IBARRA

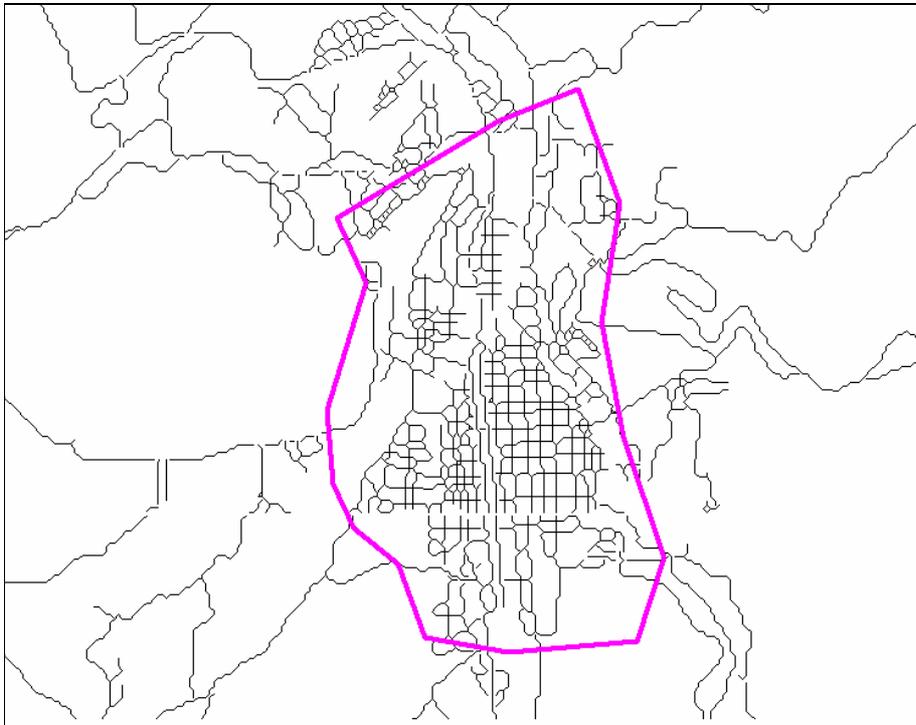


FIGURA 2.5 ZONA DE COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE LOJA

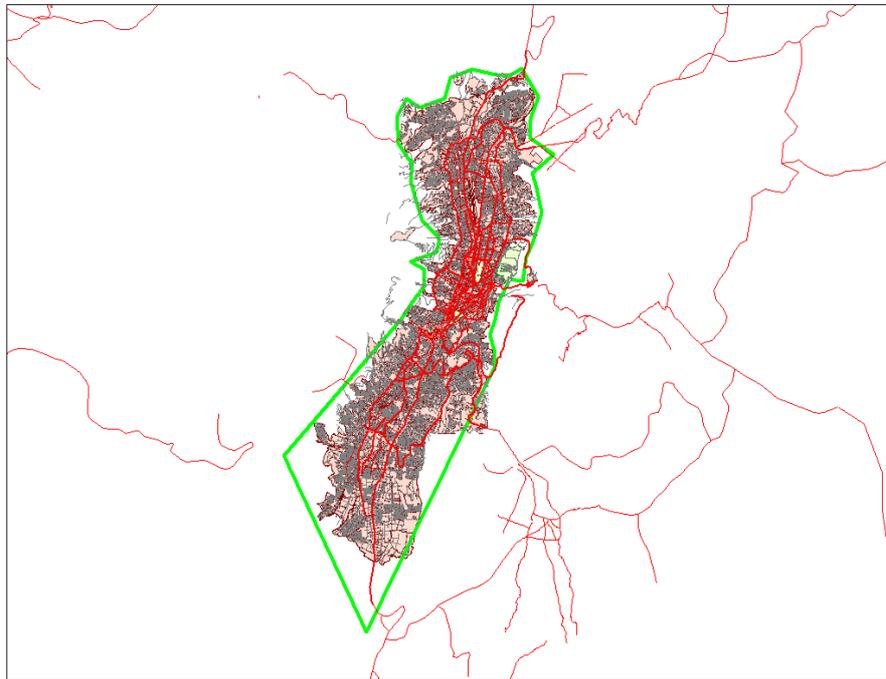


FIGURA 2.6 COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE QUITO

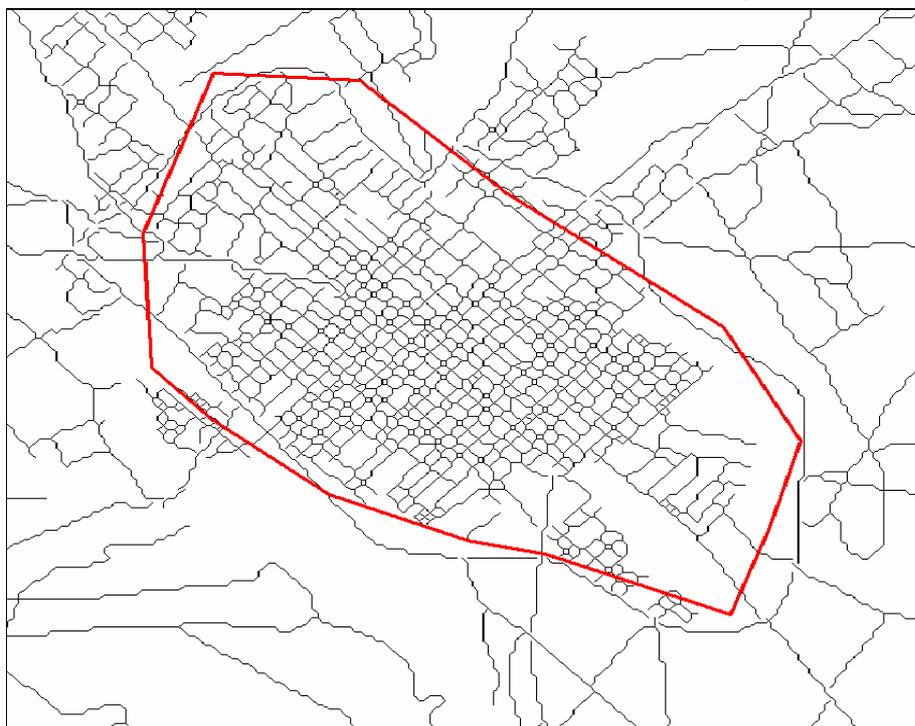


FIGURA 2.7 COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA

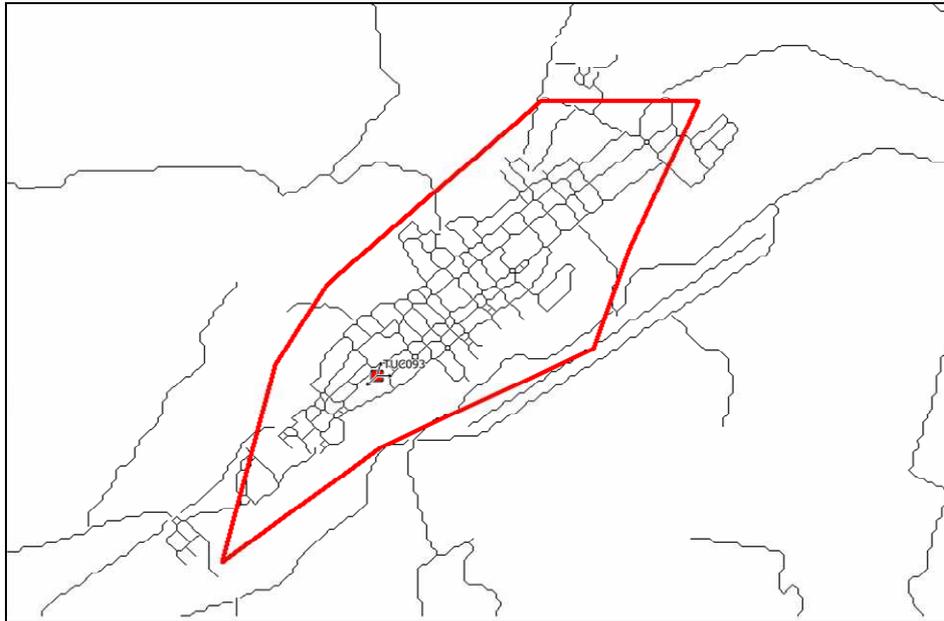


FIGURA 2.8 COBERTURA ESPERADA EN LA CIUDAD DE TULCÁN

En la figura N° 2.9, se muestra la cobertura a nivel nacional que tendrá la red:

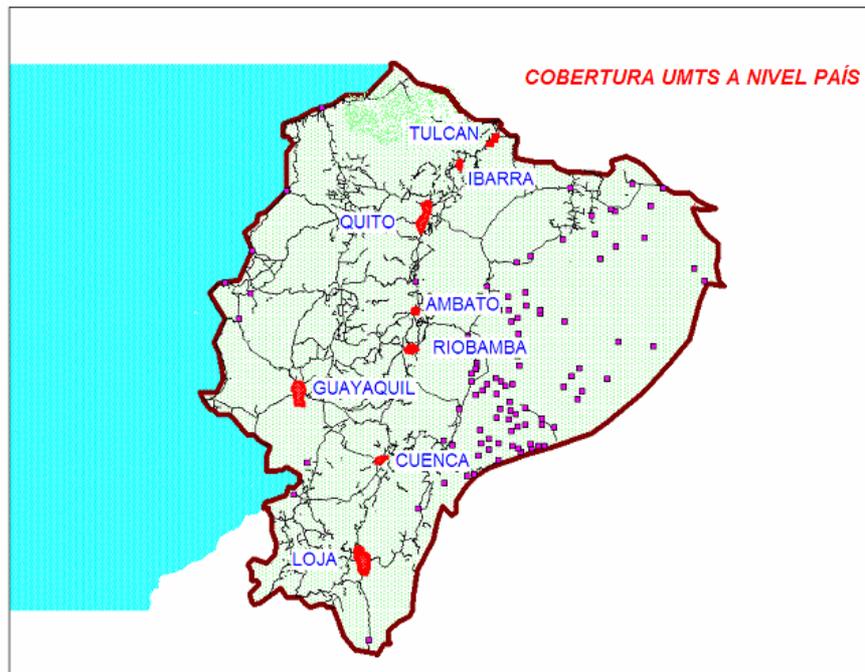


FIGURA 2.9: COBERTURA UMTS A NIVEL NACIONAL

2.2.2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE POSIBLES USUARIOS UMTS

Mediante la aplicación del concepto del factor de penetración antes mencionado se calcula el número posible de usuarios para la red a diseñar:

Por ejemplo para la ciudad de Quito se tiene:

Numero de habitantes: 2,173,020

Factor de penetración: 0.181712

$$\text{Número posible de usuarios} = \text{Número de habitantes} \times \text{factor de penetración}_{UMTS}$$

$$\text{Número posible de usuarios} = 2,173,020 \times 0.181712$$

$$\text{Número posible de usuarios} = 394,838$$

Así para el resto de ciudades se tendría el número de usuarios que se muestra en la tabla N° 2.3:

CIUDAD	POBLACIÓN	# de USUARIOS POSIBLES
Ambato	339,881	61,756
Cuenca	494,601	89,869
Guayaquil	2,401,399	436,334
Ibarra	181,069	32,900
Loja	207,593	37,720
Quito	2,173,020	394,838
Riobamba	229,029	41,615
Tulcán	90,278	16,404
TOTAL	6,116,867	1,111,435

Referencia: Anexo 5-Factor de Penetración UMTS

TABLA N° 2.3: NÚMERO DE POSIBLES USUARIOS UMTS POR CIUDAD.

2.3.DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ENLACE (*Link Budget*)

El Cálculo Del Enlace comprende una serie de cálculos para lograr una predicción de cuántos sitios se necesitarán para lograr la cobertura de las diferentes áreas en las que se requiere servicio, este cálculo se determina de acuerdo a determinados factores que se muestran en los siguientes subcapítulos.

2.3.1. PORTADORAS DEL RELEASE 99

La tabla N° 2.4 muestra el grupo de portadoras de radio simples (definidas en el estándar RELEASE 99 de UMTS) que pueden ser implementadas en el cálculo de cobertura de las macro-celdas tomando en cuenta valores dados de Eb/No:

PORTADORA DE ACCESO DE RADIO	TIPO DE TRÁFICO	CS/PS	Kbps		VERSION
			UL	DL	
AMR VOZ (ADAPTIVE MULTIRATE)	CONVERSACIONAL	CS	12.2	12.2	UMR 1.0
UDI (UNRESTRICTED DIGITAL)	CONVERSACIONAL	CS	64	64	UMR 1.0
					UMR 1.5
			28.8	28.8	UMR 3.5
			32	32	UMR 3.5
PACKET	INTERACTIVE/BACKGROUND	PS	64	64	UMR 1.5
			64	384	UMR 1.5
			64	128	UMR 2.0
			8	8	UMR 3.0
			16	16	UMR 3.5
			32	8	UMR 3.5
			32	32	UMR 3.5
			32	64	UMR 3.5
			64	8	UMR 3.5
			64	144	UMR 3.5
			64	256	UMR 3.5
			128	128	UMR 3.5
144	144	UMR 3.5			

TABLA N° 2.4 PORTADORAS PARA UMTS DE ACUERDO AL RELEASE 99

2.3.2. TIPO DE ÁREA (CLUTTER)

En el LINK BUDGET se pueden considerar diferentes tipos de áreas, el modelo de área que se elija afecta las características de propagación de la señal, los tipos de clutter principales son los siguientes:

- Urbano.- áreas con alta concentración de edificios formadas por edificios, oficinas y centros comerciales, el promedio de altura de estas edificaciones está por debajo de los 40 metros.
- Urbano Denso.- estas son áreas dentro del ambiente urbano con densidad de edificios muy altas. Las alturas de los edificios pueden estar sobre los 40 metros.
- Suburbano.- áreas residenciales que incluyen algo de vegetación, en la mayoría de casos rodean zonas urbanas, el promedio de altura de las edificaciones está bajo los 15 metros.
- Carreteras – Semi-abierto.- este tipo de área corresponde a áreas en las afueras de las ciudades sin gran desarrollo: valles, caminos, vegetación.
- Rural – Abierto.- este tipo de área corresponde a zonas sin edificios: lagos, árboles, etc. Estas áreas se modelan generalmente como zonas abiertas

En las tablas N° 2.5 a la N° 2.12 se presentan las áreas de cobertura por ciudad establecidas de acuerdo a las definiciones dadas:

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	0	0.00%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	0.88	5.48%
BOSQUE LIGERO	0	0.00%
MATORRAL	0	0.00%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	5.91	36.80%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	9.18	57.16%
SUBURBANO	0	0.00%
URBANO DENSO	0.09	0.56%
TERRENO ABIERTO	0	0.00%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	16.06	100.00%

TABLA N° 2.5: RESUMEN DE ÁREAS AMBATO

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	0.25	1.91%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	4.41	33.69%
BOSQUE LIGERO	0	0.00%
MATORRAL	0	0.00%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	0	0.00%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	8.43	64.40%
SUBURBANO	0	0.00%
URBANO DENSO	0	0.00%
TERRENO ABIERTO	0	0.00%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	13.09	100.00%

TABLA N° 2.6: RESUMEN DE ÁREAS CUENCA

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	5.17	3.62%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	0.98	0.69%
BOSQUE LIGERO	14.93	10.45%
MATORRAL	0.18	0.13%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	0	0.00%
MANGLAR	2.89	2.02%
ARROZAL	0.16	0.11%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	1.75	1.22%
URBANO	25.85	18.09%
SUBURBANO	89.02	62.31%
URBANO DENSO	0.11	0.08%
TERRENO ABIERTO	1.83	1.28%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	142.87	100.00%

TABLA N° 2.7: RESUMEN DE ÁREAS GUAYAQUIL

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	0.09	0.90%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	4.6	46.14%
BOSQUE LIGERO	0	0.00%
MATORRAL	0	0.00%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	0.01	0.10%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	5.27	52.86%
SUBURBANO	0	0.00%
URBANO DENSO	0	0.00%
TERRENO ABIERTO	0	0.00%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	9.97	100.00%

TABLA N° 2.8: RESUMEN DE ÁREAS IBARRA

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	0	0.00%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	3.35	40.17%
BOSQUE LIGERO	0	0.00%
MATORRAL	0	0.00%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	0	0.00%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	4.99	59.83%
SUBURBANO	0	0.00%
URBANO DENSO	0	0.00%
TERRENO ABIERTO	0	0.00%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	8.34	100.00%

TABLA N° 2.9: RESUMEN DE ÁREAS LOJA

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	1.96	0.48%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	211.55	51.83%
BOSQUE LIGERO	21.56	5.28%
MATORRAL	13.07	3.20%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	1.97	0.48%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	10.58	2.59%
SUBURBANO	108.33	26.54%
URBANO DENSO	2.22	0.54%
TERRENO ABIERTO	2.33	0.57%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	33.95	8.32%
AREA TOTAL:	408.2	100.00%

TABLA N° 2.10: RESUMEN DE ÁREAS QUITO

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	0	0.00%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	1.75	20.86%
BOSQUE LIGERO	0	0.00%
MATORRAL	0	0.00%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	0.29	3.46%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	6.35	75.69%
SUBURBANO	0	0.00%
URBANO DENSO	0	0.00%
TERRENO ABIERTO	0	0.00%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	8.39	100.00%

TABLA N° 2.11: RESUMEN DE ÁREAS RIOBAMBA

CATEGORIA (CLUTTER)	SUPERFICIE(km ²)	(%) DEL AREA TOTAL
RIO, LAGO O CANAL	0	0.00%
OCEANO	0	0.00%
BOSQUE DENSO	2.86	64.13%
BOSQUE LIGERO	0	0.00%
MATORRAL	0	0.00%
ARENA	0	0.00%
YERBA TROPICAL	0	0.00%
HUERTA	0	0.00%
MANGLAR	0	0.00%
ARROZAL	0	0.00%
SALINA	0	0.00%
PANTANO	0	0.00%
TERRENO SUJETO A INUNDACIÓN	0	0.00%
URBANO	1.6	35.87%
SUBURBANO	0	0.00%
URBANO DENSO	0	0.00%
TERRENO ABIERTO	0	0.00%
AGUA	0	0.00%
VEGETACION	0	0.00%
AREA TOTAL:	4.46	100.00%

TABLA N° 2.12: RESUMEN DE ÁREAS TULCÁN

2.3.3. TIPOS DE CELDAS

Se puede distinguir en general tres tipos de celda: Macro-Celdas, Microceldas y Pico-Celdas. Las Macro-Celdas son los sitios donde las antenas del Node B se encuentran instaladas sobre los techos de las edificaciones fuera de las mismas (outdoor), las Microceldas son sitios en los que las antenas de los NodeB se encuentran instaladas bajo el nivel de los techos de las edificaciones también fuera de las mismas (outdoor) y las Pico-Celdas son sitios donde las antenas del NodeB se encuentran instaladas dentro de alguna edificación como centros comerciales, etc.

Este diseño se concentrará en las Macro-Celdas de tres sectores, que son celdas formadas por tres antenas direccionadas a diferentes ángulos de azimut cada una. Generalmente las direcciones de estas antenas se encuentran separadas 120° para así obtener la cobertura de 360° entre las tres.

2.3.4. TIPO DE USUARIOS

La selección del tipo de usuario tiene gran impacto en el cálculo del enlace (*Link Budget*) ya que con el cambio de este parámetro muchos factores del cálculo pueden cambiar, como por ejemplo los valores de E_b/N_0 , la ganancia de hand-off y el incremento de la potencia de transmisión.

Para las macro celdas se toma en cuenta tres tipos de usuarios de acuerdo a su velocidad de traslación:

- Vehicular A a 120 Km/h
- Vehicular A a 50 Km/h
- Vehicular A a 3 Km/h

La asignación recomendada es la siguiente:

- Para Macro-Celdas Urbano denso, Urbano y Suburbano: “Vehicular A” a 50 Km/h.
- Para Macro-Celdas Carretera y Rurales: “Vehicular A” a 120 Km/h.
- Para Micro-Celdas “Vehicular A” a 50 Km/h.

2.3.5. FÓRMULA DEL LINK BUDGET (MÁXIMA PÉRDIDA DE CAMINO PERMISIBLE)

El *Pathloss* se define como el cálculo de la máxima pérdida de camino de la señal en todo el trayecto del enlace permisible, es decir, cuánto nivel de señal se espera perder desde que la señal se transmite de la antena del NodeB hasta alcanzar la antena del móvil y viceversa.

Para el enlace de subida (equipo de usuario-NodeB):

$$L_{\max_UL} = P_{UE} + G_{ant,UE} - L_{feeder,NB} + G_{ant,NB} - Information_Rate \\ - Thermal_Noise_Density - NF_{NB} - \frac{E_b}{N_o} - M_{Interference} + G_{HO} \\ - Tx_Power_Increase_{UL} - L_{body} - M_{Shadowing} - L_{Penetration}$$

ECUACIÓN 2.3

Para el enlace de bajada (NodeB-equipo de usuario):

$$L_{\max_DL} = P_{NB_per_user} + G_{ant,NB} - L_{feeder,NB} + G_{ant,UE} - L_{feeder,UE} - Information_Rate \\ - Thermal_Noise_Density - NF_{UE} - \frac{E_b}{N_o} - M_{Interference} + G_{HO} \\ - Tx_Power_Increase_{DL} - L_{body} - M_{Shadowing} - L_{Penetration}$$

ECUACIÓN 2.4

Donde:

- P_{UE} [dBm] – máxima potencia de salida del equipo de usuario.
- Signalling [%] – cantidad de la potencia del NodeB, que se transmite por el canal de control CPICH (canal piloto común) y otros canales de control de señalización Broadcast.
- $P_{NB_per_user}$ [dBm] – potencia del NodeB dedicada a un solo usuario.

En CDMA la estación base sirve a todos los usuarios activos al mismo tiempo. Como resultado la potencia total del NodeB debe ser dividida entre la potencia reservada para señalización y la potencia para los usuarios servidos N . La ecuación 2.5 define el cálculo de esta potencia por usuario en dB.

$$P_{NB_per_user} = P_{NB_total} + 10\log(1 - signalling) - 10\log(N)$$

ECUACIÓN 2.5

- $Gain_{NB}$ y $Gain_{UE}$ [dBi] – ganancia de la antena del NodeB y la antena del equipo de usuario.
- $L_{feeder, NB}$ y $L_{feeder, UE}$ [dB] – pérdida debida al cable alimentador entre el NodeB y el conector de la antena y de igual manera entre el UE (equipo de usuario) y su antena.

Para mejorar la cobertura de UPLINK, se sugiere el uso de un “amplificador montado en torre” (TMA), el cual compensa la pérdida del alimentador entre la antena de recepción de NodeB y el NodeB.

- $Information_rate=10\log(R_b)$ [dB] – es la tasa de bits del canal, R_b es la tasa de bits en [bps] de la portadora considerada.

- Thermal_Noise_Density=kT [dBm/Hz]

k = constante de Boltzman = 1.38×10^{-23} J/K

T = temperatura en Kelvin ($0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$)

La densidad de ruido térmico se toma a temperatura de sitio cerrado de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 273 K , alrededor de -174 dBm/Hz .

- E_b/N_0 [dB] - Es el mínimo valor de energía por bit recibida dividida para el ruido más la interferencia ($E_b/(N_0+I_0)$), en la cual el receptor es capaz de decodificar la señal recibida al nivel de BER (tasa de bits errados) requerido. El nivel de ruido es una combinación del ruido del ambiente y la interferencia creada por otros usuarios del sistema. Por este motivo el número de usuarios activos en un sector o celda debe mantenerse limitado para mantener una relación manejable de $E_b/(N_0+I_0)$.
- NF_{NB} y NF_{UE} – figura de ruido en el NodeB y en el equipo de usuario UE, este valor es la cantidad de ruido (en dB), que son causados por el procesamiento de la señal en los componentes electrónicos activos, sumado a la densidad de ruido térmico dentro de la banda de frecuencia del receptor.
- Interference Margin – margen de interferencia, este valor toma en cuenta el crecimiento del ruido debido a la interferencia intra-celda e inter-celda. El ruido total aumenta con el crecimiento del número de usuarios activos en el sistema. El impacto en la dirección de UL (enlace de subida), se calcula así:

$$M_{interference_UpLink} = 10 \times \log(1 - Cell_load_{UL}) \quad \text{Ecuación 2.6}$$

En el enlace de bajada (DL), los niveles de interferencia intra-celda (dentro de la misma celda) e inter-celda (entre celdas vecinas) están relacionados con el

nivel total de ruido térmico $N_{thermal}$ en el cálculo de margen de interferencia. La pérdida de ortogonalidad en el enlace de bajada debido a las características de propagación del ambiente genera interferencia intra-celda en el receptor del equipo de usuario. Este margen de interferencia puede ser expresado como función de la carga de la celda $Cell_load_{DL}$.

Sin embargo, debido a las diferentes condiciones de ortogonalidad el cálculo de la carga de la celda difiere cuando este se trata del enlace de subida y el enlace de bajada, por este motivo los valores de margen de interferencia para la misma carga de celda varían ligeramente entre el enlace de subida UL y el enlace de bajada DL

$$M_{interference_downlink} = 10\log(I_{ic} + I_{oc} + N_{thermal}) = 10 \times \log(1 - Cell_load_{DL}) \quad \text{Ecuación 2.7}$$

- GHO [dB]- Handoff Gain, el soft-handover (y también el hard-handover) da una ganancia adicional de macrodiversidad.
- Tx power increase - Incremento de la potencia de transmisión [dB], el incremento de la potencia de transmisión describe un margen que se toma en cuenta como una potencia de respaldo en el límite de distancia de la transmisión. Este margen refleja la precisión del algoritmo de control de potencia de lazo cerrado para seguir los pasos de fluctuación de pérdida del enlace. Este se aplica especialmente a los usuarios considerados lentos con los cuales el control de potencia es capaz de compensar el fast fading (desvanecimiento rápido), y en especial en el enlace de subida UL, ya que en el enlace de DL este efecto se ve bastante disminuido por causa de los múltiples usuarios.
- L_{body} [dB]- pérdida de cuerpo, el cuerpo del usuario afecta la radiación y calidad de recepción de las ondas de radio mientras el usuario esta hablando

por el teléfono, cuando la antena está al nivel del hombro, el nivel de recepción disminuye aproximadamente 3 dB.

- $M_{\text{Shadowing}}$ [dB]- margen de sombra (margen de desvanecimiento lento, slow fade, o margen de desvanecimiento log normal), La pérdida de camino que se calcula con el modelo de propagación da como resultado la pérdida promedio. Este valor puede variar de acuerdo a los efectos del desvanecimiento lento. Estas variaciones tienen una distribución log-normal. Así, que con cierta probabilidad la pérdida es mayor o menor que el promedio. El margen de sombra se define para mantener la cobertura también en estos casos con cierta probabilidad de ubicación del equipo de usuario. En otras palabras: El margen de sombra es la cantidad en la cual la señal de recepción puede disminuir sin causar que la calidad del sistema decaiga a valores bajo un valor específico.
- $L_{\text{penetration}}$ - pérdida de penetración, cuando el equipo de usuario funcione dentro de una edificación, vehículo o dentro de un área forestal, este sufre un incremento de pérdida de propagación cuando la señal atraviesa los objetos para alcanzar el NodeB, esta clase de pérdida es conocida como pérdida de penetración, y esta pérdida es función de la portadora de frecuencia usada y la naturaleza de los obstáculos.

2.3.6. MODELOS DE PROPAGACIÓN

El modelo de propagación debe ser ajustado de acuerdo al ambiente de los sitios en que serán construidos, es decir, se recomienda que las medidas de propagación y el modelo de propagación sean ajustados en el desarrollo de una red real.

Sin embargo para la etapa de dimensionamiento se pueden usar los modelos estándar por defecto como son: COST 231-Hata model, de acuerdo a la

recomendación del grupo 3GPP TR101.112 (UMTS 30.03), para cobertura de celdas. Por defecto el modelo de una pendiente es usado en MACRO CELDAS y para celdas pequeñas el modelo de dos pendientes, una celda pequeña por lo general tiene sus antenas ligeramente bajo el nivel del techo y una cobertura de aproximadamente 100m a 2 Km

2.3.6.1.MODELO DE UNA PENDIENTE

La pérdida de camino L en este modelo depende de la distancia d entre la antena del NodeB y el equipo de usuario, de la frecuencia f (2GHz), las alturas de las antenas de las estaciones base (nodeB) h_{BS} y la altura de la antena del equipo de usuario h_{MS} , y el tipo de área (clutter). La pérdida de camino esta dada por la ecuación 2.8, dentro de los siguientes rangos:

Frecuencia f:	1500-2000 MHz
Altura de la antena en el nodeB:	30-200m
Altura de la antena del equipo de usuario:	1.5m
Distancia d:	1-20Km

$$L_{\text{perdida de camino}} = 46.3 + \left[33.9 \log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) \right] - \left[13.82 \log \left(\frac{h_{BS}}{m} \right) \right] - a \left(\frac{h_{MS}}{m} \right) + S_1 \log \left(\frac{d}{m} \right) + L(\text{clutter})$$

$$S_1 = 44.9 - 6.55 \log \left(\frac{h_{BS}}{m} \right)$$

fuelle:documento siemens: 3_Basic_PMNO_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

ECUACIÓN 2.8

En la ecuación 2.8 el factor de corrección de la altura de la antena del equipo de usuario se calcula de acuerdo a:

$$a\left(\frac{h_{MS}}{m}\right)_{\text{urbano,urbano denso}} = 3.2 \times \left[\log\left(11.75 \times \frac{h_{MS}}{m}\right) \right]^2 - 4.97$$

fuelle :documento-siemens:3_Basic_PMN0_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

ECUACIÓN 2.9

$$a\left(\frac{h_{MS}}{m}\right)_{\text{suburbano,rural,ca min o}} = \frac{h_{MS}}{m} \times \left[1.1 \log\left(\frac{f}{\text{MHz}}\right) - 0.7 \right] - \left[1.56 \log\left(\frac{f}{\text{MHz}}\right) - 0.8 \right]$$

fuelle: documento-siemens:3_Basic_PMN0_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

ECUACIÓN 2.10

La influencia del tipo de clutter se toma en consideración de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$L(\text{urbano denso}) = 3$$

$$L(\text{urbano}) = 0$$

$$L(\text{ca min o}) = -4.78 \times \left[\log\left(\frac{f}{\text{MHz}}\right) \right]^2 + 18.33 \log\left(\frac{f}{\text{MHz}}\right) - 35.94$$

$$L(\text{rural}) = -4.78 \times \left[\log\left(\frac{f}{\text{MHz}}\right) \right]^2 + 18.33 \log\left(\frac{f}{\text{MHz}}\right) - 40.94$$

fuelle: documento-siemens:3_Basic_PMN0_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

ECUACION 2.11

Así, para los distintos tipos de área se tiene los modelos de propagación correspondientes mostrados en la Tabla N° 2.14:

AMBIENTE (CLUTTER)	MODELO DE PROPAGACIÓN
URBANO DENSO	$L(d)=140.79+35.22 \times \text{Log}(d)$
URBANO	$L(d)=137.79+35.22 \times \text{Log}(d)$
SUBURBANO	$L(d)=125.52+35.22 \times \text{Log}(d)$
RURAL ABIERTO	$L(d)=105.27+35.22 \times \text{Log}(d)$
CAMINO (CASI ABIERTO)	$L(d)=110.27+35.22 \times \text{Log}(d)$

fuelle: documento-siemens:3_Basic_PMN0_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

TABLA N° 2.13: MODELO DE PROPAGACIÓN ESTÁNDAR PARA MACRO CELDAS

Los valores de la tabla 2.13 aplican para los datos estándar:

Altura de la antena en estación base (NodeB):	$H_{\text{nodeB, ant}}$	=30m
Altura de la antena del equipo de usuario (UE):	$H_{\text{UE, ant}}$	=1.5m
Frecuencia de trabajo:	F	=2000MHz

2.3.7. CÁLCULO DEL ÁREA DE LA CELDA Y DISTANCIA ENTRE SITIOS

La forma de calcular el área de una celda depende del tipo de celda escogida; para el caso en estudio se usarán tres celdas por sitio con lóbulo principal de antena de menos de 90° , y se asumen celdas hexagonales, como se indica en la figura N° 2.10.

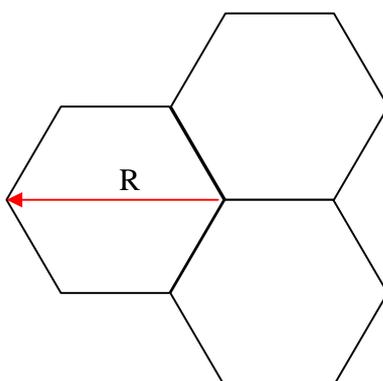


FIGURA 2.10: SITIOS DE TRES CELDAS HEXAGONALES

En este caso el área de la celda se calcula como:

$$A_{\text{CELL}} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (R_{\text{MAX}})^2 \quad \text{ECUACION 2.12}$$

fuelle: documento-siemens:3_Basic_PMN0_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

Donde RMAX es la distancia d (rango de celda). La distancia SITIO-SITIO para sitios de tres sectores es $D=1.5 \times R_{\text{MAX}}$ como se muestra en la figura 2.11:

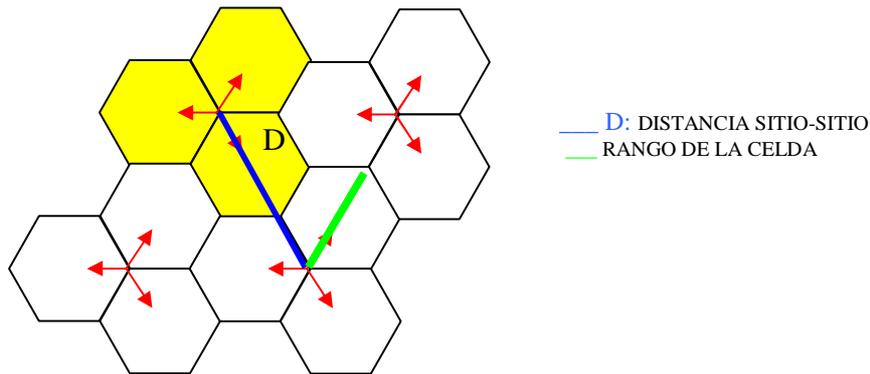


FIGURA 2.11: DISTANCIA Y RANGO DE LA CELDA

El área del sitio es entonces el número de sectores por sitio (NodeB) “S” multiplicada por el área de la celda.

$$A_{SITIO} = A_{CELDA} \times S$$

ECUACIÓN 2.13

El número de nodeB que se necesita para cubrir un área dada puede ser fácilmente calculado con la fórmula:

$$\text{Número de NodeB} = \frac{A_{\text{area}}}{A_{CELDA} \times S}$$

ECUACIÓN 2.14

Donde S es el número de sectores por NodeB.

2.4. DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO

El dimensionamiento de tráfico (plan de capacidad), es el segundo paso del proceso de diseño.

El área de la celda y número de sitios se calculan para mantener una cobertura deseada con ciertas estimaciones de carga de tráfico (en porcentaje) tanto para el

enlace de subida como para el de bajada. En el dimensionamiento de tráfico estos valores de carga son analizados poniéndolos en comparación con la demanda de tráfico por fase y por área, aquí se definirá si el número de sitios calculados en el *Link Budget* es suficiente para manejar la demanda de tráfico.

Una red de radio UMTS puede estar constituida de diferentes capas de red, es decir, Macro FDD, Micro FDD, Pico FDD, ilustradas en la figura N° 2.12.

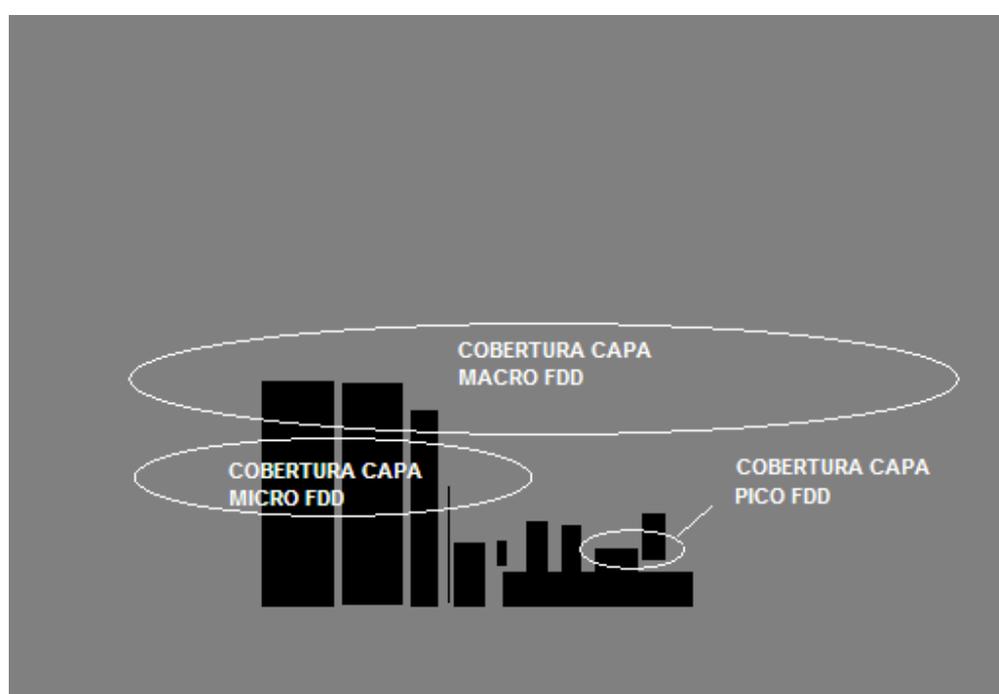


FIGURA 2.12: CAPAS: MACRO FDD, MICRO FDD, PICO FDD

2.4.1. DATOS DE ENTRADA

El cálculo de tráfico en la fase de dimensionamiento se basa en asumir que dentro de cierto ambiente la distribución de tráfico es uniforme, de esta manera todos los sitios de algún ambiente en particular podrían soportar la misma carga de tráfico.

Por consiguiente se necesita una descripción detallada de estos ambientes. Los valores por defecto de algunos parámetros requeridos se detallan en la sección 2.4.1.1.

2.4.1.1. PARÁMETROS GENERALES

2.4.1.1.1. Fases.

El cálculo generalmente se realiza para que la red dure los años que la penetración de la tecnología permita. En este tiempo la red se estará construyendo, y el número de sitios irá creciendo tanto como la demanda de tráfico esté creciendo y cambiando.

2.4.1.1.2. Área.

El planeador de red usualmente tiene que dimensionar la red para diferentes áreas.

Se debe asumir que un área deberá tener únicamente un tipo de clutter (ver 2.3.2) y una demanda de tráfico homogénea sobre la misma.

2.4.1.1.3. Descripción de la Red por fase y por área

Los parámetros que describen la red pueden ser divididos en cuatro grupos: parámetros comunes, resultados del link budget, demanda de tráfico y criterio de calidad de servicio (QoS).

2.4.1.2. PARÁMETROS COMUNES

- **Tamaño del área y cobertura requerida ($Area[sqKm]$ y $req_cov[\%]$)**

Para un área específica el tamaño de la misma debe ser conocido así como la cobertura requerida por fase. Para algunas instancias la cobertura requerida puede cambiar con el tiempo, ésta puede ser menor en el inicio de funcionamiento de la red (fase 1) e ir creciendo en fases consecuentes

- **Número de Frecuencias disponibles ($N_{carrier}$)**

Número de frecuencias portadoras disponibles para ser usadas en un área en particular y fase.

- **Resultados del Link Budget**

Para esta fase de definición de tráfico se toman también en cuenta los parámetros que se calcularán con el *Link Budget* que se detallan en los siguientes ítems.

- **Área del sitio ($A_{site}[sqKm]$)**

Esta es el área de sitio calculada por el *Link Budget* para la zona considerada.

- **Carga de celda en el enlace de subida y bajada ($Loadlink_budget, UL, Loadlink_budget, DL [\%]$)**

Esta es la carga que fue estimada en el cálculo del *Link Budget*, por celda y por portadora. Esta es la carga máxima que es permitida en un área en particular.

- ***Demanda de Tráfico***

La demanda de tráfico puede ser dada en diferentes formatos. El formato requerido para el uso de la herramienta que se utilizará para este diseño es el volumen de tráfico para la Hora Pico $data_vol_{area, bearer i, UL}$, $data_vol_{area, bearer i, DL}$ [Kbit] por portadora generado por todos los usuarios de un área en particular por fase y por enlace, es decir, enlace de subida y enlace de bajada, también las portadoras que forman servicios multillamada deben ser consideradas aparte.

Existen diferentes formas en que los datos de entrada pueden ser presentados para calcular el formato deseado para la herramienta, el método utilizado para este diseño se detallará con el uso de la ecuación 3.4 en el capítulo siguiente

- ***Número de suscriptores***

El número de suscriptores debe darse por fase y por área.

- ***Modelo de tráfico de los suscriptores***

Es el volumen de tráfico en la HORA PICO (o promedio de tasa de datos) por suscriptor, portadora, enlace, fase y área. Luego este valor de tráfico multiplicado por el número de suscriptores da como resultado la cantidad total de bits que en la hora de ocupación máxima será transmitida a través del interfaz de aire entre las estaciones servidoras y los usuarios activos en ese momento en el formato de dato deseado (bits).

- ***Criterio GoS (Grado de servicio)***

El grado de servicio debe ser definido para cada portadora. La diferencia esta en que el grado de servicio expresará en sí el número máximo de conexiones permitidas al mismo tiempo, o en otras palabras, cuántas conexiones como máximo podrían bloquearse de todos los intentos de llamada dados. En cambio la

calidad de servicio expresa valores de calidad en un contexto generalizado, tomando en cuenta el GoS (grado de servicio como parte de la medida de esta calidad de servicio).

El criterio de grado de servicio depende de la clase de tráfico de la portadora, para la clase de tráfico conversacional o de streaming (flujo de datos continuo), tráfico de CS (conmutación de circuitos), los criterios son los que se detallan en los subcapítulos siguientes.

- ***Probabilidad de Bloqueo***

Los valores de demanda del tráfico suponen un número promedio de usuarios simultáneos, los cuales están realizando una llamada en la Hora Pico. El número real de usuarios simultáneos en cierto instante es variable durante la Hora Pico.

Para garantizar que una llamada se bloquee solo con cierta probabilidad de bloqueo el ancho de banda requerido en el aire, tiene que ser generalmente más grande que el requerido para satisfacer la demanda del promedio de los usuarios simultáneos. Si el bloqueo no es considerado entonces el ancho de banda requerido en el aire será configurado para soportar el tráfico del número promedio de usuarios simultáneos.

Para la clase de tráfico *Interactive/Background*, tráfico orientado a paquetes, el criterio es que el retardo máximo de llegada de estos paquetes al equipo de usuario sea 2 segundos (ver subcapítulo 2.4.1.2.12).

- ***El Mejor Esfuerzo***

Puede ser asumido para todos los tipos de portadora, prácticamente no está garantizado ningún retardo. El usuario obtendrá servicio en la mejor manera que en ese momento fuera posible.

- **Retardo [Seg]**

Máximo retardo del 95% de los paquetes o el promedio de retardo de los paquetes en la interfaz de aire. El mínimo valor promedio de retardo es 0.5 seg y para el 95% de los paquetes el mayor retardo debe ser de 2 seg. Este retardo solamente se relaciona con la demora por encolamiento en el interfaz aire (GoS, grado de servicio) y retardos menores no son aceptables por el tiempo de procesamiento de cada paquete, al reducir este tiempo de tolerancia entre cada paquete, se podría saturar el buffer de entrada de datos del UE y perder información por este motivo, es por esta razón que, si se requiere menores retardos debería escoger una portadora de conmutación de circuitos con 2% de bloqueo.

Referencia: documento-siemens:3_Basic_PMNO_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

2.5. VALORES DE PARÁMETROS POR DEFECTO USADOS EN EL LINK BUDGET

Para la fase de diseño de la red celular los cálculos de enlace (link-budget) se realizan con las fórmulas de las subsecciones anteriores aplicadas con valores obtenidos mediante simulaciones de nivel de señal y, en algunos casos, empíricos de los diferentes términos de las fórmulas, Estos valores podrían ser reconsiderados si el diseñador observa que en su ambiente de propagación estos no tienen o tendrían el comportamiento esperado.

Entonces, los valores presentados a continuación son los que se usarán en el diseño de la red.

En la tabla N° 2.14 se detallan los valores por defecto usados en el cálculo del LINK BUDGET.

PARÁMETRO	VALOR
POTENCIA DE TRANSMISIÓN DE NODEB	20W = 43 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN DEL UE	21dBm PARA VOZ; 24dBm PARA DATOS
PÉRDIDA EN EL ALIMENTADOR (FEEDER) EN EL LADO DEL NODEB EN EL UPLINK Y DOWNLINK	3dB PARA CLUTTER RURAL
	2dB PARA CLUTTER URBANO DENSO, URBANO Y SUBURBANO
PÉRDIDA DEL FEEDER DEL LADO DEL UE (UL/DL)	0 dB
GANANCIA DE ANTENA	18.5 PARA ANTENAS SECTORIZADAS DE LOBULO HORIZONTAL <=90° (SE ASUME EN URBANO, URBANO DENSO, SUBURBANO Y CAMINO)
	16 dBi PARA ANTENAS SECTORIZADAS DE LOBULO >90° (SE ASUME EN AREAS RURALES)
	11dBi PARA ANTENAS OMNIDIRECCIONALES
	0 dBi PARA ANTENAS DEL UE
PÉRDIDA DE CUERPO	3 dB SERVICIOS DE VOZ
	0 dB SERVICIOS DE DATOS
RELACIÓN DE POTENCIA DEL CANAL CPICH	10%
RELACIÓN DE SEÑALIZACIÓN	10-20%
EIRP w/o SEÑALIZACIÓN	SUMA DE LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN DEL TRANSMISOR (dBm)+ POTENCIA DEDICADA A SEÑALIZACIÓN (-dBm)+ PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN (-dBm)+GANANCIA DE LA ANTENA
EIRP w/o SEÑALIZACIÓN POR USUARIO	EIRP/N_usuarios
FIGURA DE RUIDO	aproximadamente 7 dB PARA EL UE
	3,5 dB EN EL NODEB
MARGEN DE INTERFERENCIA	10LOG(1-CARGA DE CELDA) PARA DISEÑO SE ASUME 50-75% DE CARGA DE CELDA
TASA DE INFORMACIÓN [dBHz]	10LOG(MÁXIMA TASA DE DATOS)
GANANCIA DE HAND OFF PARA USUARIOS A VELOCIDAD 50 Y 120 Kmph	GANANCIA DE SOFT HANDOVER CS Y PS 5dB
	GANANCIA DE HARD HANDOVER CS Y PS 4.7dB
GANANCIA DE HAND OFF PARA USUARIOS A VELOCIDAD 3 Kmph	GANANCIA DE SOFT HANDOVER CS Y PS 6.1 dB
	GANANCIA DE HARD HANDOVER CS Y PS 5.9 dB
INCREMENTO DE POTENCIA USUARIOS A 120 Kmph	UPLINK 0 dB
	DOWNLINK 0 dB
INCREMENTO DE POTENCIA USUARIOS A 50 Kmph	UPLINK 0.5 dB
	DOWNLINK 0 dB
INCREMENTO DE POTENCIA USUARIOS A 3 Kmph	DOWNLINK 0 dB
	UPLINK CS 1.5 dB
	UPLINK PS 2 dB
ALTURA DE LAS ANTENAS	30m PARA NODEB
	1.5m PARA UE
DESVIACIÓN ESTANDAR	7 dB PARA CLUTTER RURAL
	8 dB PARA URBANO Y SUBURBANO
	9 dB PARA CLUTTER URBANO DENSO
PROBABILIDAD DE UBICACIÓN EN EL ÁREA DE LA CELDA	95% ó 86% (con desviación estándar de 8 dB)
PROBABILIDAD DE UBICACIÓN EN EL LÍMITE DE LA CELDA	96.6% ó 90% (con desviación estándar de 8 dB)
PÉRDIDA DE PENETRACIÓN	15dB PARA CLUTTER URBANO
	10dB PARA CLUTTER SUBURBANO
	6dB PARA CLUTTER RURAL

Fuente: documento-siemens:3_Basic_PMN0_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

TABLA N° 2.14: VALORES POR DEFECTO DE LOS PARÁMETROS DEL LINK BUDGET

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE LA RED UMTS CON COBERTURA EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL ECUADOR

3.1. CÁLCULO DEL ENLACE (LINK BUDGET)

Una vez definidas las áreas que cubrirá la red a diseñar y los factores variables de acuerdo a estos tipos de áreas, la tabla 3.1 muestra los servicios que la red espera brindar:

SERVICIO	CLASE DE SERVICIO	TIPO DE CONEXION	TASA DE BITS [Kbps]
VOZ	CONVERSACIONAL A 12.2 kbps	CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	12.2
VIDEO CONFERENCIA	CS 64	CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	64
NAVEGACIÓN WEB	BACKGROUND 64	CONMUTACIÓN DE PAQUETES	64/384 UL/DL

Fuente: documento-siemens:3_Basic_PMNO_UMR3.0,_Air_Interface_Dimensioning.pdf

TABLA 3.1 SERVICIOS OFRECIDOS POR LA RED UMTS

De acuerdo a los datos de la tabla 3.1, el servicio que usa portadora a 64 kbps en UL (enlace de subida) es el servicio limitante o crítico para tomar en cuenta en la cobertura de red, ya que esta velocidad de transmisión en la dirección del enlace de subida define la menor cobertura de celda en comparación con los otros tipos de servicio, debido a que, la cobertura de enlace de subida UL es siempre mas crítica que la del enlace de bajada DL por la potencia de transmisión del equipo de usuario lógicamente menor que la del NodeB y, porque la pérdida de potencia considerada

en el cálculo del enlace causada por la velocidad de transmisión de los datos tiene una relación directamente proporcional al logaritmo de la tasa de bits transmitida. Así aplicando la ecuación 3.1 para la portadora de voz a 12.2 kbps se tiene que:

$$\begin{aligned}L_{\text{INFORMATION RATE}} &= 10\log(\text{tasa de bits}) \\L_{\text{INFORMATION RATE}}[12.2\text{kbps}] &= 10\log(12200) \\L_{\text{INFORMATION RATE}} &= 40.86 \text{ dB}\end{aligned}$$

ECUACIÓN 3.1 PÉRDIDA CONSIDERADA DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DE DATOS

La misma ecuación 3.1 aplicada para la portadora de conmutación de circuitos de 64 kbps da como resultado:

$$\begin{aligned}L_{\text{INFORMATION RATE}} &= 10\log(\text{tasa de bits}) \\L_{\text{INFORMATION RATE}}[64\text{kbps}] &= 10\log(64000) \\L_{\text{INFORMATION RATE}} &= 48.06 \text{ dB}\end{aligned}$$

De esta manera se observa que la velocidad de datos crítica en cuanto a cobertura para la red es 64 kbps en la dirección de enlace de subida UL pues representa una mayor pérdida, por lo que se usará la misma para el cálculo de la máxima pérdida de camino del enlace, y de esta manera se asegurará la cobertura de los otros servicios (diseño del caso crítico)

Para análisis de diseño los tipos de clutter obtenidos en el capítulo 2 se han reclasificado para cada ciudad obteniendo las áreas de clutter soportadas por las herramientas usadas para cada ciudad mostradas en la tabla 3.2.

CIUDAD	URBANO DENSO [Km ²]	URBANO [Km ²]	SUBURBANO [Km ²]	RURAL [Km ²]	CAMINO [Km ²]	AREA TOTAL [Km ²]
Ambato	0.09	9.18	0	5.91	0	15.18
Cuenca	0	8.43	0	0.19	0	8.62
Guayaquil	0.11	25.85	89.02	11.98	0	126.96
Ibarra	0	5.27	0	0.1	0	5.37
Loja	0	4.99	0	0	0	4.99
Quito	2.22	10.58	108.33	53.96	0	175.09
Riobamba	0	6.35	0	0.29	0	6.64
Tulcán	0	1.6	0	0	0	1.6

TABLA 3.2 AREAS DE CLUTTER POR CIUDAD

Tomando como referencia los datos mostrados en las diferentes tablas del capítulo 2 (tabla 2.5) se tiene los siguientes datos para la portadora escogida de acuerdo a la ecuación 2.3.

Para clutter Urbano por ejemplo se tiene:

$$\begin{aligned}
 L_{\max_UL} &= 21 \text{ dBm} + 2 \text{ dB} - 0 \text{ dB} + 18.5 \text{ dBi} - 2 \text{ dB} - 10 \log(64000) \\
 &\quad - 10 \log(6.38 * 10^{-23} * 293K * 1000) - 3.5 \text{ dB} - 3.2 \text{ dB} - 10 \log(1 - 50\%) + 5 \text{ dB} \\
 &\quad - 0.5 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 8.6 \text{ dB} - 20 \text{ dB} \\
 L_{\max_UL} &= 21 \text{ dBm} + 2 \text{ dB} - 0 \text{ dB} + 18.5 \text{ dBi} - 2 \text{ dB} - 48.06 \text{ dB} \\
 &\quad - (-174 \text{ dB}) - 3.5 \text{ dB} - 3.2 \text{ dB} - (3.01 \text{ dB}) + 5 \text{ dB} \\
 &\quad - 0.5 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 8.6 \text{ dB} - 20 \text{ dB} \\
 L_{\max_UL} &= 131.63 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

3.1.1 DETERMINACIÓN DE SITIOS POR REQUERIMIENTOS DE COBERTURA

A continuación las tablas 3.3 a la 3.6 muestran los datos para todos los cuatro tipos de clutter:

PARAMETRO	PARA AREA URBANA POTENCIA [dB]
POTENCIA DE EQUIPO DE USUARIO (P_{ue})	21.00
GANANCIA DE LA ANTENA UE ($G_{ant,UE}$)	2.00
PÉRDIDA DEL FEEDER UE ($L_{feeder,UE}$)	0.00
GANANCIA DE LA ANTENA NODEB ($G_{ant,NB}$)	18.50
PÉRDIDA FEEDER NODEB ($L_{feeder,NB}$)	-2.00
TASA DE INFORMACIÓN ($Information_rate$)	-48.06
DENSIDAD DE RUIDO TÉRMICO ($Thermal_noise_density$)	174.00
FIGURA DE RUIDO (NF,NB)	-3.50
EB/NO	-3.20
MARGEN DE INTERFERENCIA ($M_interference$)	-3.01
GANANCIA DE HANDOVER (G,HO)	5.00
INCREMENTO DE POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN UL ($Tx_power_increase_UL$)	-0.50
PÉRDIDA DE CUERPO (L_body)	0.00
MARGEN DE SOMBRA ($M_shadowing$)	-8.60
PÉRDIDA DE PENETRACIÓN ($L_penetration$)	-20.00
MÁXIMA PÉRDIDA DE CAMINO	131.63

TABLA 3.2 CÁLCULO DEL ENLACE DE CLUTTER URBANO

PARAMETRO	PARA AREA URBANO DENSO POTENCIA [dB]
POTENCIA DE EQUIPO DE USUARIO (P_{ue})	21.00
GANANCIA DE LA ANTENA UE ($G_{ant,UE}$)	2.00
PÉRDIDA DEL FEEDER UE ($L_{feeder,UE}$)	0.00
GANANCIA DE LA ANTENA NODEB ($G_{ant,NB}$)	18.50
PÉRDIDA FEEDER NODEB ($L_{feeder,NB}$)	-2.00
TASA DE INFORMACIÓN ($Information_rate$)	-48.06
DENSIDAD DE RUIDO TÉRMICO ($Thermal_noise_density$)	174.00
FIGURA DE RUIDO (NF,NB)	-3.50
EB/NO	-3.20
MARGEN DE INTERFERENCIA ($M_interference$)	-3.01
GANANCIA DE HANDOVER (G,HO)	5.00
INCREMENTO DE POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN UL ($Tx_power_increase_UL$)	-0.50
PÉRDIDA DE CUERPO (L_body)	0.00
MARGEN DE SOMBRA ($M_shadowing$)	-8.60
PÉRDIDA DE PENETRACIÓN ($L_penetration$)	-25.00
MÁXIMA PÉRDIDA DE CAMINO	126.63

TABLA 3.3 CÁLCULO DEL ENLACE DE CLUTTER URBANO DENSO

PARAMETRO	PARA AREA RURAL POTENCIA [dB]
POTENCIA DE EQUIPO DE USUARIO (<i>Pue</i>)	21.00
GANANCIA DE LA ANTENA UE (<i>Gant,UE</i>)	2.00
PÉRDIDA DEL FEEDER UE (<i>L,feeder,UE</i>)	0.00
GANANCIA DE LA ANTENA NODEB (<i>Gant,NB</i>)	16.00
PÉRDIDA FEEDER NODEB (<i>L,feeder,NB</i>)	-3.00
TASA DE INFORMACIÓN (<i>Information_rate</i>)	-48.06
DENSIDAD DE RUIDO TÉRMICO (<i>Thermal_noise_density</i>)	174.00
FIGURA DE RUIDO (<i>NF,NB</i>)	-3.50
EB/N0	-3.20
MARGEN DE INTERFERENCIA (<i>M_interference</i>)	-3.01
GANANCIA DE HANDOVER (<i>G,HO</i>)	5.00
INCREMENTO DE POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN UL (<i>Tx_power_increase_UL</i>)	0.00
PÉRDIDA DE CUERPO (<i>L_body</i>)	0.00
MARGEN DE SOMBRA (<i>M_shadowing</i>)	-8.60
PÉRDIDA DE PENETRACIÓN (<i>L_penetration</i>)	-10.00
MÁXIMA PÉRDIDA DE CAMINO	138.63

TABLA 3.4 CÁLCULO DEL ENLACE DE CLUTTER RURAL

PARAMETRO	PARA AREA SUBURBANO POTENCIA [dB]
POTENCIA DE EQUIPO DE USUARIO (<i>Pue</i>)	21.00
GANANCIA DE LA ANTENA UE (<i>Gant,UE</i>)	2.00
PÉRDIDA DEL FEEDER UE (<i>L,feeder,UE</i>)	0.00
GANANCIA DE LA ANTENA NODEB (<i>Gant,NB</i>)	18.50
PÉRDIDA FEEDER NODEB (<i>L,feeder,NB</i>)	-2.00
TASA DE INFORMACIÓN (<i>Information_rate</i>)	-48.06
DENSIDAD DE RUIDO TÉRMICO (<i>Thermal_noise_density</i>)	174.00
FIGURA DE RUIDO (<i>NF,NB</i>)	-3.50
EB/N0	-3.20
MARGEN DE INTERFERENCIA (<i>M_interference</i>)	-3.01
GANANCIA DE HANDOVER (<i>G,HO</i>)	5.00
INCREMENTO DE POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN UL (<i>Tx_power_increase_UL</i>)	-0.50
PÉRDIDA DE CUERPO (<i>L_body</i>)	0.00
MARGEN DE SOMBRA (<i>M_shadowing</i>)	-8.60
PÉRDIDA DE PENETRACIÓN (<i>L_penetration</i>)	-15.00
MÁXIMA PÉRDIDA DE CAMINO	136.63

TABLA 3.5 CÁLCULO DEL ENLACE DE CLUTTER SUBURBANO

Ahora de acuerdo a la tabla 2.14 del modelo de propagación, se calcula la máxima distancia desde el nodeB al equipo de usuario para soportar la pérdida máxima de señal, así tomando de nuevo en cuenta el ejemplo del clutter urbano mencionado anteriormente:

Despejamos la distancia “d” de la fórmula:

$$L(d) = 137.79 + 35.22 * \log(d)$$

$$d = 10^{\frac{L(d)-137.79}{35.22}}$$

ECUACIÓN 3.2 DISTANCIA EN FUNCIÓN DE LA PÉRDIDA ESPERADA

Reemplazando la máxima pérdida anteriormente calculada por L(d) se tiene para el clutter urbano:

$$d = 10^{\frac{L(d)-137.79}{35.22}}$$

$$d = 10^{\frac{131.61-137.79}{35.22}}$$

$$d = 0.6678 \text{ Km}$$

Esta distancia corresponde al radio de la celda de tres sectores mostrada en la figura 2.10 del capítulo 2.

Entonces el área que cubrirá la celda en clutter Urbano con la ecuación 2.12 se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{CELL} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (R_{MAX})^2$$

$$A_{CELL} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (0.6678)^2$$

$$A_{CELL} = 0.2896 \text{ Km}^2$$

Al final se halla el número de sitios necesarios para cubrir el área urbana de una cierta ciudad dividiendo el área urbana a ser cubierta por el área que cubre un sitio de 3 sectores (ecuación 2.14), por ejemplo para la ciudad de Ambato que tiene un área urbana de 9.18 Km² se tendrían:

$$\begin{aligned} \text{Número de sitios}_{\text{URBANOS}} &= \frac{\text{Área urbana}}{A_{\text{CELL}} * S} \\ \text{Número de sitios}_{\text{URBANOS}} &= \frac{9.18 \text{Km}^2}{(0.2896 \times 3) \text{Km}^2} \\ \text{Número de sitios}_{\text{URBANOS}} &= 10.57 \approx 11 \text{sitios} \end{aligned}$$

Ahora se debe tener en cuenta que las fórmulas aquí empleadas han sido desarrolladas en función de las características geográficas de los países europeos en donde las regiones no tienen tantos accidentes geográficos (en términos de variación de la altura de los terrenos estudiados) como el territorio ecuatoriano específicamente, por este motivo, la experiencia en diseño de redes celulares de SIEMENS recomienda que las diferentes áreas de clutter a ser cubiertas con el servicio se multipliquen por un factor de 1.25 (25% adicional al área considerada) en el caso de la sierra, y 1.1 (10% adicional) en regiones más planas como la costa.

Así el nuevo número de sitios con la variación correspondiente en la ecuación 2.14 para la ciudad de Ambato será de:

$$\begin{aligned} \text{Número de sitios}_{\text{URBANOS}} &= \frac{\text{Área urbana} \times 1.25}{A_{\text{CELL}} * S} \\ \text{Número de sitios}_{\text{URBANOS}} &= \frac{(9.18 \times 1.25) \text{Km}^2}{(0.6368 \times 3) \text{Km}^2} \\ \text{Número de sitios}_{\text{URBANOS}} &= 13.22 \approx 14 \text{sitios} \end{aligned}$$

ECUACIÓN 3.3 NÚMERO DE SITIOS CONSIDERANDO FACTOR DE ÁREA DE 25%

Es de tomar en cuenta que el número de sitios debe ser un número entero y asegurar la cobertura deseada por lo que el resultado de la operación se redondea al entero superior.

De la misma manera se calcula el número de sitios para los otros tipos de clutter de la ciudad de Ambato:

Para clutter URBANO DENSO:

Distancia desde el NodeB hasta el UE:

$$d = 10^{\frac{L(d)-137.79}{35.22}}$$

$$d = 10^{\frac{126.63-137.79}{35.22}}$$

$$d = 0.3957 \text{ Km}$$

Área de la celda:

$$A_{CELL} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (R_{MAX})^2$$

$$A_{CELL} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (0.3957)^2$$

$$A_{CELL} = 0.1017 \text{ Km}^2$$

Número de sitios de tres sectores:

$$\text{Número de sitios}_{URBANO DENSO} = \frac{\text{Area urbana densa} \times 1.25}{A_{CELL} * S}$$

$$\text{Número de sitios}_{URBANO DENSO} = \frac{(0.09 \times 1.25) \text{ Km}^2}{(0.1017 \times 3) \text{ Km}^2}$$

$$\text{Número de sitios}_{URBANO DENSO} = 0.3687 \approx 1 \text{ sitios}$$

Para clutter RURAL:

Distancia desde el NodeB hasta el UE:

$$d = 10^{\frac{L(d)-137.79}{35.22}}$$

$$d = 10^{\frac{138.63-137.79}{35.22}}$$

$$d = 8.8473 \text{ Km}$$

Área de la celda:

$$A_{CELL} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (R_{MAX})^2$$

$$A_{CELL} = \frac{3 \times \sqrt{3}}{8} \times (8.8473)^2$$

$$A_{CELL} = 50.84 \text{ Km}^2$$

Número de sitios de tres sectores:

$$\text{Número de sitios}_{RURAL} = \frac{\text{Area rural} \times 1.25}{A_{CELL} * S}$$

$$\text{Número de sitios}_{RURAL} = \frac{(5.91 \times 1.25) \text{ Km}^2}{(50.84 \times 3) \text{ Km}^2}$$

$$\text{Número de sitios}_{RURAL} = 0.04843 \approx 1 \text{ sitios}$$

En total se tienen:

Número de sitios para cobertura de área urbana:	14
Número de sitios para cobertura de área urbana densa:	1
Número de sitios para cobertura de área suburbana:	0
Número de sitios para cobertura de área rural:	1
Total número de sitios requeridos en la ciudad de Ambato (Σ):	16

Los anteriores cálculos muestran el procedimiento a seguir para las ciudades en estudio con sus diferentes áreas y características, a continuación las tablas 3.6 a 3.13 muestran los cálculos y los resultados para todas ellas:

AMBATO	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [Db]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	11.475	0.1125	0	7.3875
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	14	1	0	1

TABLA 3.6.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE AMBATO

CUENCA	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [dB]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	10.5375	0	0	0.2375
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	13	0	0	1

TABLA 3.7.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE CUENCA

GUAYAQUIL	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [dB]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	32.3125	0.1375	111.275	14.975
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	38	1	14	1

TABLA 3.8.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

IBARRA	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [Db]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	6.5875	0	0	0.125
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	8	0	0	1

TABLA 3.9.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE IBARRA

LOJA	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [dB]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	6.2375	0	0	0
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	8	0	0	0

TABLA 3.10.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE LOJA

QUITO	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [dB]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	13.225	2.775	135.4125	67.45
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	16	10	17	1

TABLA 3.11.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE QUITO

RIOBAMBA	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [dB]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	7.9375	0	0	0.3625
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	10	0	0	1

TABLA 3.12.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA

TULCÁN	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL
MAX PATHLOSS [dB]	131.63	126.63	136.63	138.63
DISTANCIA d=Rmax [Km]	0.6678151368	0.3957159279	2.0707779474	8.8473936219
ÁREA DE CELDA [SQKM]	0.2896705956	0.1017089001	2.7852164901	50.8419962363
ÁREA A CONSIDERAR [SQKM]	2	0	0	0
NÚMERO DE SITIOS DE 3 SECTORES	3	0	0	0

TABLA 3.13.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE SITIOS PARA LA CIUDAD DE TULCÁN

El resumen del número total de sitios para la red en general se muestra en la tabla 3.14.

CIUDAD	URBANO	URBANO DENSO	SUBURBANO	RURAL	TOTAL
Ambato	14	1	0	1	16
Cuenca	13	0	0	1	14
Guayaquil	38	1	14	1	54
Ibarra	8	0	0	1	9
Loja	8	0	0	0	8
Quito	16	10	17	1	44
Riobamba	10	0	0	1	11
Tulcán	3	0	0	0	3
TOTAL	110	12	31	6	159

TABLA 3.14.- NÚMERO TOTAL DE SITIOS POR CLUTTER, POR CIUDAD Y TOTALES

3.1.2 DETERMINACIÓN DE SITIOS POR REQUERIMIENTOS DE TRÁFICO

Luego del Cálculo de los sitios necesarios es importante conocer de acuerdo al modelo de tráfico si la red soportará en realidad la cantidad de usuarios definidos en el capítulo dos usando los servicios que se desea prestar.

El análisis realizado es probabilístico debido a que no se tiene acceso a datos de una red real y operativa de este tipo, sin embargo, se han encontrado valores referenciales de los valores usados en el cálculo de la demanda de tráfico y se detallan en la tabla 3.15 y 3.16 para downlink y uplink respectivamente:

SERVICIO	CLASE QoS	TASA DE BITS [Kbps]	BHCA	DURACIÓN	FACTOR ON/OFF	FACTOR DE ASIMETRIA
VOZ	CONVERSACIONAL	12.2	0.743	90	NA	1
VIDEO CONFERENCIA	CONVERSACIONAL	64	0.074	180	NA	1
NAVEGACIÓN WEB	INTERACTIVO/ BACKGROUND	384	0.074	1200	0.2	0.10
MUSICA EN DEMANDA	STREAMING	64	0.005	120	NA	0.25
E-MAIL	INTERACTIVO/ BACKGROUND	64	0.309	10	NA	0.5
BANCA EN LÍNEA	INTERACTIVO/ BACKGROUND	128	0.02	240	0.2	0.2

FUENTE: DOCUMENTO-SIEMENS:2_Basic_PMN0_UMR3.0,_Traffic_Model_and_Planning_Aspects_.pdf

TABLA 3.15. DATOS PARA DEMANDA DE TRÁFICO EN DOWNLINK

SERVICIO	CLASE QoS (Calidad de servicio)	TASA DE PORTADORA [Kbps]	BHCA	DURACIÓN	FACTOR ON/OFF	FACTOR DE ASIMETRIA
VOZ	CONVERSACIONAL	12.2	0.743	90	NA	1
VIDEO CONFERENCIA	CONVERSACIONAL	64	0.074	180	NA	1
NAVEGACIÓN WEB	INTERACTIVO/ BACKROUND	64	0.074	1200	0.12	0.10
MUSICA EN DEMANDA	STREAMING	16	0.005	120	NA	0.25
E-MAIL	INTERACTIVO/ BACKROUND	64	0.309	10	NA	0.5
BANCA EN LÍNEA	INTERACTIVO/ BACKROUND	64	0.02	240	0.2	0.5

FUENTE: DOCUMENTO-SIEMENS:2_Basic_PMN0_UMR3.0,_Traffic_Model_and_Planning_Aspects_.pdf

TABLA 3.16 DATOS PARA DEMANDA DE TRÁFICO EN UPLINK

Donde:

BHCA, (busy hour call attempts), Es el número de intentos de llamada en la hora pico (hora de mayor tráfico) del tipo de servicio en análisis.

DURACIÓN, se refiere a la duración en promedio de la conexión por llamada en la hora pico.

FACTOR DE ON/OFF, tiene correspondencia con el throughput del enlace (la velocidad efectiva de transmisión puede no ser constante en algunos canales de comunicación a la velocidad de datos del mismo es a lo que se conoce con el nombre de throughput).

FACTOR DE ASIMETRÍA, toma en cuenta el tiempo real en que el usuario se encuentra transmitiendo con respecto al tiempo total que tarda la comunicación y solo aplica en servicios del tipo interactive/background.

Para el dimensionamiento del tráfico se ha asumido también que el número de usuarios tendrá una distribución igual al porcentaje que representa el tipo de clutter con respecto al área total de cobertura. Así se obtienen el número posible de usuarios (referirse a la sección 2.2.2) por área de clutter de cada ciudad que se muestra en la tabla 3.17.

El parámetro de calidad de servicio depende del mismo, es decir, no es lo mismo el tipo de medida de calidad de servicio que se va a tomar en cuenta en lo que es tráfico de voz ó tráfico de datos, pues, estos se diferencian en que la voz es tráfico de conmutación de circuitos y los datos serán tráfico de conmutación de paquetes.

USUARIOS POR CIUDAD	CLUTTER	Area Total	% AREA TOTAL	USUARIOS por clutter
Ambato	URBANODENSO	0.09	0.01	367.00
61,756	URBANO	9.18	0.60	37,347.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	5.91	0.39	24,044.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Cuenca	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
89,869	URBANO	8.43	0.98	87,889.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.19	0.02	1,981.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Guayaquil	URBANODENSO	0.11	0.00	379.00
436,334	URBANO	25.85	0.20	88,841.00
	SUBURBANO	89.02	0.70	305,943.00
	RURAL	11.98	0.09	41,173.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Ibarra	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
32,900	URBANO	5.27	0.98	32,288.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.10	0.02	613.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Loja	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
37,720	URBANO	4.99	1.00	37,720.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.00	0.00	0.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Quito	URBANODENSO	2.22	0.01	5,007.00
394,838	URBANO	10.58	0.06	23,859.00
	SUBURBANO	108.33	0.62	244,291.00
	RURAL	53.96	0.31	121,683.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Riobamba	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
41,615	URBANO	6.35	0.96	39,798.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.29	0.04	1,818.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Tulcán	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
16,404	URBANO	1.60	1.00	16,404.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.00	0.00	0.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00

TABLA 3.17. USUARIOS POR CLUTTER Y POR CIUDAD ESPERADOS

El número de usuarios por clutter se calculó multiplicando el porcentaje del área que representa cada tipo de clutter por el número de usuarios total y redondeando este valor a su valor entero inmediato superior. Para cálculos de usuario por servicio se asume que el 50% de los usuarios totales serán usuarios del servicio de voz y, para video streaming e internet móvil se tendrá un porcentaje de usuarios del 25% de los usuarios totales en cada caso.

CÁLCULO DE LA DEMANDA DE TRÁFICO

El siguiente es un cálculo que se basa en datos obtenidos del link budget, la demanda de tráfico sirve para comprobar si el número de sitios calculados para la cobertura requerida, soporta o no la cantidad de usuarios operativos que se espera.

Todos los cálculos que se presentan a continuación se realizaron con la herramienta de análisis de tráfico de para UTRAN (universal terrain radio access network) de SIEMENS, empresa que facilitó el uso de este programa para fines del desarrollo del proyecto. El programa utilizado permite al usuario ingresar las características que espera soportar la red a diseñar, ingresando datos del tipo de zona, área a cubrir en Km², cobertura, alcance de las antenas, tipos de servicio y cantidad de tráfico para estimar, aparte del número de sitios necesarios, el número de portadoras de radio frecuencia que necesitarán los sitios para soportar la carga esperada.

En las siguientes secciones se muestra como fueron ingresados los datos a la herramienta mencionada, en las diferentes etapas de dimensionamiento de la red UMTS, en cuanto a consideraciones de capacidad. Hay que tomar en cuenta que para el uso de esta herramienta se toman en consideración también resultados que se han obtenido del cálculo del enlace (link-budget), por lo que se recomienda que siempre se dimensione primero la parte de propagación de la señal (cobertura) y luego la parte de capacidad.

En primer lugar se describe el área determinada para analizar, así por ejemplo se tiene para el clutter Urbano Denso de la ciudad de Ambato se tienen los siguientes datos mostrados en la figura 3.1:

The screenshot shows the 'Network Description' window with the following data:

Coverage Requirements	
Name of Phase	Phase 1
Surface of Area [sqkm]	0.09
Required Coverage [%]	100
Area Location Probability [%]	96

Input of Site Coverage Area	
Macro UTRA FDD/UL [sqkm]	0.09
Macro UTRA FDD/DL [sqkm]	0.09
Cell Load/UL [%]	50
Cell Load/DL [%]	50
Max Pathloss/UL [dB]	137.65
Max Pathloss/DL [dB]	143.9
Intercept Point [dB]	140.79
Slope [dB/Deco]	35.22
Micro UTRA FDD [sqkm]	0
Cell Load [%]	0
Micro UTRA TDD [sqkm]	0
Cell Load [%]	0
Pico UTRA FDD [sqkm]	0
Cell Load [%]	0
Pico UTRA TDD [sqkm]	0
Cell Load [%]	0

Assignment of available carriers per network layer	
Macro UTRA FDD /carrier	1
Micro UTRA FDD /carrier	0
Micro UTRA TDD /carrier	0
Pico UTRA FDD /carrier	0
Pico UTRA TDD /carrier	0

FIGURA 3.1 DATOS DE DESCRIPCIÓN DE RED PARA TRÁFICO
(Referencia Tabla N° 2.14)

Donde:

Surface of Area [sqkm]. Es el área en kilómetros cuadrados que se desea analizar.

Required coverage [%]. Es el porcentaje del área en análisis que requiere cobertura UMTS.

Area Location Probability [%]. La probabilidad de que el equipo de usuario se encuentre bajo el área de servicio de la celda en análisis, para diseño se asume 96%.

Macro UTRA FDD/UL [sqkm]. Es el área de cobertura de una celda de acuerdo a los resultados del link budget mostrados en la sección en el enlace de subida de una macro celda.

Macro UTRA FDD/DL [sqkm]. Es el área de cobertura de una celda de acuerdo a los resultados del link budget mostrados en la sección 3.1.1, en el enlace de bajada de una macro celda.

Cell LoadUL [%]. Es la carga de celda esperada en el enlace de subida UL, para diseño se asume 50%.

Cell LoadDL [%]. Es la carga de celda esperada en el enlace de subida UL, para diseño se asume 50%.

Max Pathloss/UL [dB]. Máxima pérdida de camino en el enlace de UL calculado con el LINK BUDGET.

Max Pathloss/DL [dB]. Máxima pérdida de camino en el enlace de DL calculado con el LINK BUDGET.

Intercept Point [dB]. De la fórmula de pérdida en función de la distancia corresponde al término independiente, es decir, la pérdida del enlace que siempre se toma en cuenta independientemente de la distancia.

Slope [dB/dec]. De la fórmula de pérdida en función de la distancia corresponde al factor de incremento de la pérdida que multiplica al incremento de la distancia, la pendiente.

La figura 3.2 muestra estos datos en la fórmula de pérdida en función de la distancia para clutter Urbano Denso:

$$L(d) = 140.79 + 35.22 \times \text{Log}(d)$$

INTERCEPT POINT
SLOPE

FIGURA 3.2 DATOS DE INTERCEPT POINT Y SLOPE

MACRO UTRA FDD /carrier. La cantidad de frecuencias a disponibles para usar.

Con los datos ingresados se procede al cálculo de *Pole Capacity* que es la máxima capacidad de bits que puede transmitir un sitio en particular de acuerdo a los servicios a prestar y el clutter de cobertura:

Number of changing values: 3			Initialisation Matrix		Calculation Pole Capacity									
Spectrum Efficiency [kbps/MHz/cell]			Pole Capacity [kbits/(s*site)]		Spectrum Efficiency UL	Spectrum Efficiency DL	Number of Sectors	Blocking [%]	Signalling Overhead UL [%]	Signalling Overhead DL [%]	Other Gain UL	Other Gain DL	Pole Capacity UL	Pole Capacity DL
Layer	Bearer	Phase												
Macro/UTRA FDD	Conversat12	Phase 1	71	71	3	2	0	0	0	0	1	1220	1220	
Macro/UTRA FDD	Streaming04	all phases	188	177	3	2	0	0	0	0	1	3200	3328	
Macro/UTRA FDD	Inter/Backgr084	Phase 1	206	281	3	0	0	0	0	0	1	3090	4215	
Macro/UTRA FDD	Inter/Backgr04	Phase 1												
Macro/UTRA FDD	Inter/Backgr128	all phases												
Macro/UTRA FDD	Inter/Backgr084	all phases												
Macro/UTRA FDD	Conversat12	all phases												
Macro/UTRA FDD	Streaming04	all phases												
Macro/UTRA FDD	Streaming128	all phases												
Macro/UTRA FDD	Inter/Backgr04	all phases												

FIGURA 3.3 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA POLE CAPACITY

Donde:

Number of changing values. Número de servicios a planear.

Layer. Tipo de celda a planear: macro, micro o pico celda.

Bearer. Portadora del servicio a planear.

Phase. El número de fase a planear, en diseño será solamente la primera fase.

Spectrum efficiency UL / DL. Eficiencia de espectro de enlace de subida y de bajada respectivamente estos valores se han calculado mediante simulaciones y se muestran en la tabla 3.18.

Tipo de celda	Portadora	Eficiencia de espectro	Eficiencia de espectro	Nº de sectores	Bloqueo [%]	Señalización	Otras ganancias
		UL	DL				
Macro/FDD	Conversat.12.2	71	71	3	2	0	1
Macro/FDD	Inter./Back.128	193	302	3	0	0	1
Macro/FDD	Inter./Back.384	206	281	3	0	0	1
Macro/FDD	Inter./Back.64	170	316	3	0	0	1
Macro/FDD	CS128	205	235	3	2	0	1
Macro/FDD	CS384	190	126	3	2	0	1
Macro/FDD	CS64	168	177	3	2	0	1
Micro/FDD	Conversat.12.2	115	165	1	2	0	1
Micro/FDD	Inter./Back.128	355	1377	1	0	0	1
Micro/FDD	Inter./Back.384	441	896	1	0	0	1
Micro/FDD	Inter./Back.64	326	1537	1	0	0	1
Micro/FDD	CS128	226	598	1	2	0	1
Micro/FDD	CS384	288	633	1	2	0	1
Micro/FDD	CS64	205	587	1	2	0	1
Pico/FDD	Conversat.12.2	126	137	1	2	0	1
Pico/FDD	Inter./Back.64	211	553	1	0	0	1
Pico/FDD	CS64	136	191	1	2	0	1

Fuente: documento-siemens: Description_of_Default_Settings_for_SOT_v2%2E1_%28v4.pdf

TABLA 3.18. VALORES DE EFICIENCIA DE ESPECTRO Y FACTORES PARA LOS DIFERENTES SERVICIOS.

Una vez calculada la capacidad máxima de un sitio se calcula la demanda de tráfico de cada servicio con la ecuación 3.4 aplicada a los datos de las tablas 3.15 y 3.16 de enlace de subida y bajada respectivamente y los datos de número de usuarios de la tabla 3.17.

$$\text{demanda de tráfico} = \text{tasa de portadora} \times \text{BHCA} \times \text{duración} \\ \times \text{factor}(on/off) \times \text{factor de asimetría} \times \text{número de usuarios}$$

ECUACIÓN 3.4. DEMANDA DE TRÁFICO

Por ejemplo, para el clutter urbano denso de la ciudad de Ambato y servicio de voz se tiene la siguiente cantidad de bits para la hora pico:

Tasa de portadora:	12.2Kbps
BHCA (<i>busy hour call attempts</i>)	0.743
duración de llamada:	90
factor de ON/OFF:	1
numero de usuarios de voz (50% de los usuarios totales):	367*0.5
	(Referencia Tablas Nº 3.15; 3.16)

$$\begin{aligned}
 \text{demanda de tráfico}_{DL/VOZ} &= 12.2 \text{Kbps} \times 0.743 \text{ llamadas} \times 90 \text{segundos} \\
 &\times 1 \times (367 * 0.5)
 \end{aligned}$$

$$\text{demanda de tráfico}_{DL/VOZ} = 149,701.87 \text{Kbits}$$

Este mismo procedimiento se realiza para todo tipo de clutter y cada servicio, para después ingresar los datos en la herramienta de cálculo, como muestra la figura 3.4.

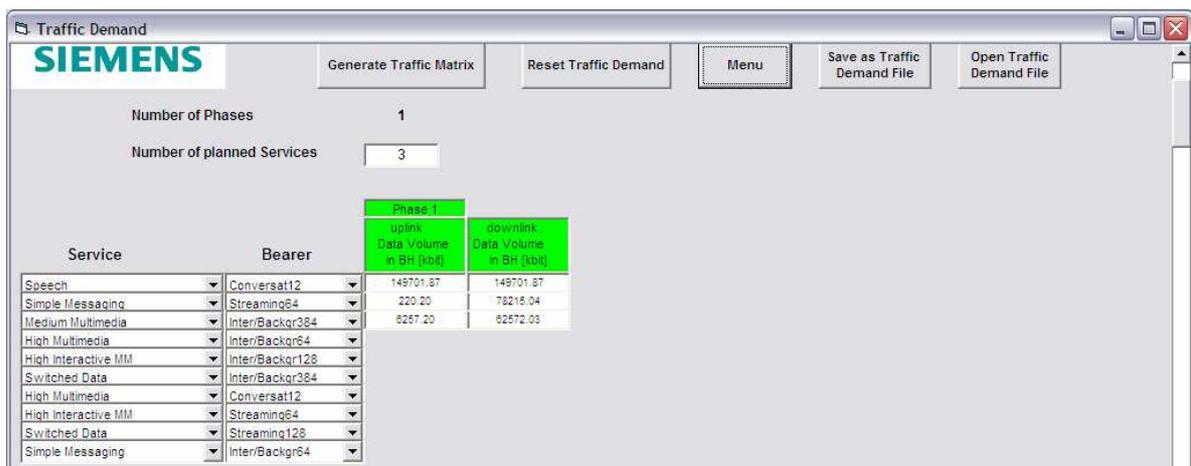


FIGURA 3.4. ASIGNACIÓN DE DEMANDA TRÁFICO PARA LOS SERVICIOS REQUERIDOS.

El siguiente paso dentro de la metodología es definir los parámetros de calidad de servicio “QoS”, que se espera para cada servicio, que también se los establece con la herramienta referida. Esto es, 2% máximo de bloqueo para servicios del tipo conversacional o de streaming¹, es decir, de conmutación de circuitos, y retardo máximo de 2 segundos para los servicios interactive/background o conmutación de paquetes, como se puede observar en la figura 3.5.



FIGURA 3.5. ASIGNACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE QOS PARA LOS SERVICIOS.

El resultado del número de sitios que se necesitarían para la densidad de tráfico esperada, por tipo de clutter, es el que se muestra en la figura número 3.6;

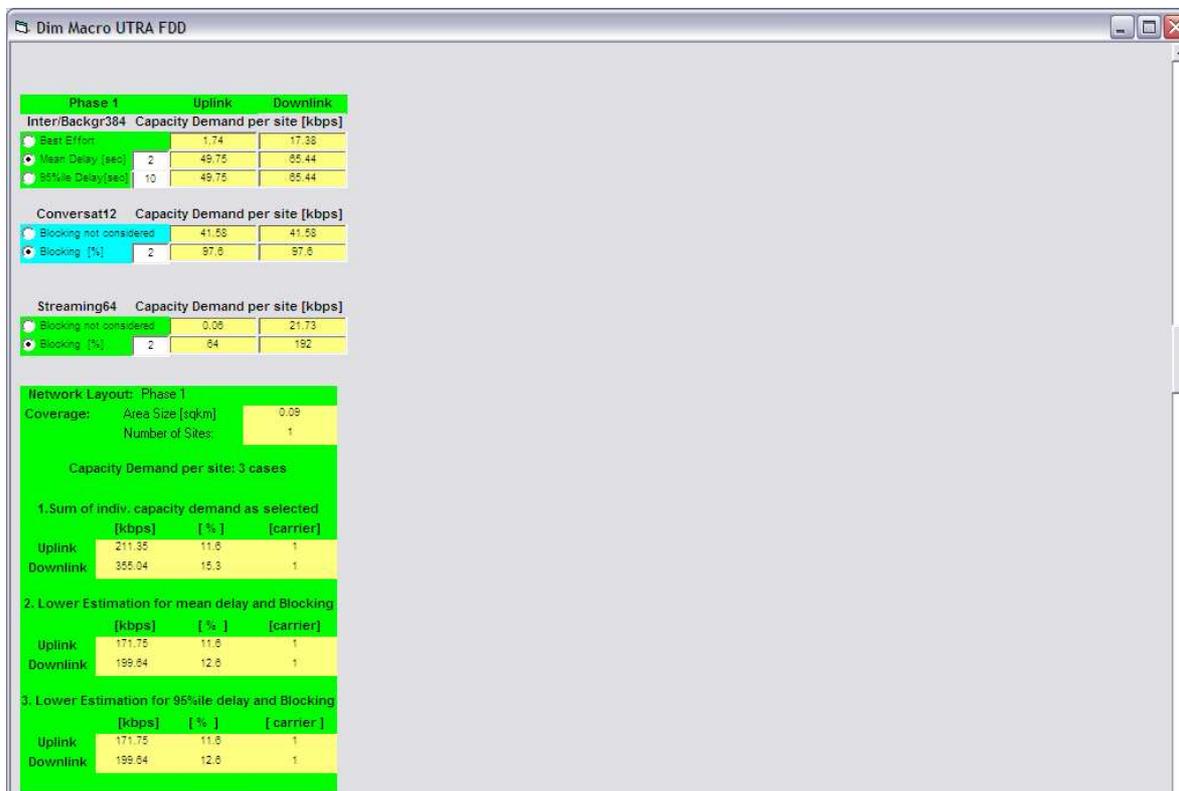


FIGURA 3.6. NÚMERO DE SITIOS RESULTANTES PARA LA DEMANDA DE TRÁFICO ESPERADA.

De acuerdo a los resultados que se pueden observar en la figura 3.6, se puede establecer que:

- Para cada servicio se cuenta con la cantidad de bits por segundo en enlace de subida y bajada.
- La cantidad de bits por segundo en relación con la capacidad máxima del sitio será la carga del mismo en la hora pico.
- Si la carga del sitio supera el 50%, como se asumió en el cálculo del enlace, se tiene dos opciones:
 - Aumentar otro sitio para compartir la cobertura deseada y soportar la carga esperada ó
 - Asignar otra portadora de frecuencia para soportar la carga esperada con el mismo número de sitios.

En el ejemplo se observa que la carga tanto del enlace de subida como del enlace de bajada no superan el 50% que se asumió al inicio del cálculo, esto significa que será suficiente con un sitio para lograr la cobertura y el tráfico deseado en el área estudiada, que es el área de clutter urbano denso de la ciudad de Ambato.

3.1.2.1 CARGA FINAL DE LA CELDA - ILUSTRACIÓN DE CÁLCULO

Una vez obtenida la demanda de tráfico por clutter y conociendo la capacidad de tráfico máxima de cada celda total, que es la suma de la capacidad máxima de todos los servicios, la determinación del número de sitios necesario para soportar el tráfico esperado se determina primero calculando capacidad a soportar en bps que se ocupará en cada servicio en la hora pico con el número de usuarios esperado en el área especificada, básicamente luego se divide toda esta cantidad de bps para la capacidad máxima de bps que soporta un sitio y se obtendría un estimado del número de sitios necesarios, pero se debe tomar en cuenta que es recomendable no tener una carga del sitio mayor a 50%, la carga del sitio se calcula de la siguiente manera:

$$CARGA[\%] = \frac{\text{Capacidad _ soportada _ por _ la _ celda}}{\text{Capacidad _ máxima _ de _ la _ celda}}$$

ECUACIÓN 3.5. CARGA DE LA CELDA

De esta manera la metodología es ir aumentando el número de sitios para compartir la carga total de tal manera que la carga de la celda no exceda el 50%, asumida en los cálculos de cobertura, y sobretodo para asegurar valores de interferencia por número de usuarios aceptable. Se debe recordar que:

- Se puede dar que un solo sitio no cubra el área necesaria por desvanecimiento de señal.
- Existe una relación entre la carga de la celda y los niveles de interferencia explicada en el capítulo 1 sección 1.2.7.

- La cantidad de usuarios es el principal factor de interferencia para los sistemas WCDMA.
- Se debe realizar el análisis en ambas direcciones del enlace UL y principalmente en DL, ya que la demanda de tráfico en el enlace de bajada es en la mayoría de casos superior a del enlace de subida.

La demanda de tráfico viene calculada en cantidad de bits durante la hora pico por clutter y por área de estudio en las diferentes ciudades, para calcular la capacidad requerida en bps se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Capacidad a soportar [bps]} = \frac{\text{cantidad_de_bits}}{3600 \text{ seg}}$$

ECUACIÓN 3.6. CÁLCULO DE BPS EN LA HORA PICO.

Como se explico al inicio de esta sección se deberá sumar esta cantidad de bps por servicio para obtener el total de referencia para los cálculos.

A continuación en la tabla N° 3.19, se muestra el número de usuarios y la demanda de tráfico por clutter y por área de estudio en las diferentes ciudades, que han sido consideradas para el presente trabajo.

					DEMANDA DE TRÁFICO EN LA HORA PICO POR SERVICIO					
USUARIOS POR CIUDAD	CLUTTER	Area Total	% AREA TOTAL	USUARIOS por clutter	CONVERSACIONAL DL	CONVERSACIONAL UL	STREAMING 64 DL	STREAMING 64 UL	INTERACTIVE/ BACKGROUND 384 DL	INTERACTIVE/ BACKGROUND 384 UL
Ambato	URBANODENSO	0.09	0.01	367.00	149,701.87	149,701.87	78,215.04	220.20	62,572.03	6,257.20
61,756	URBANO	9.18	0.60474308	37,347.00	15,234,102.73	15,234,102.73	7,959,392.64	22,408.20	6,367,514.11	636,751.41
	RURAL	5.91	0.38932806	24,044.00	9,807,715.91	9,807,715.91	5,124,257.28	14,426.40	4,099,405.82	409,940.58
Cuenca 89,869	URBANO	8.43	0.97795824	87,889.00	35,850,538.32	35,850,538.32	18,730,903.68	52,733.40	14,984,722.94	1,498,472.29
	RURAL	0.19	0.02204176	1,981.00	808,063.77	808,063.77	422,190.72	1,188.60	337,752.58	33,775.26
Guayaquil	URBANODENSO	0.11	0.00086641	379.00	154,596.75	154,596.75	80,772.48	227.40	64,617.98	6,461.80
436,334	URBANO	25.85	0.20360744	88,841.00	36,238,865.79	36,238,865.79	18,933,793.92	53,304.60	15,147,035.14	1,514,703.51
	SUBURBANO	89.02	0.70116572	305,943.00	124,796,291.30	124,796,291.30	65,202,572.16	183,565.80	52,162,057.73	5,216,205.77
	RURAL	11.98	0.09436043	41,173.00	16,794,754.91	16,794,754.91	8,774,789.76	24,703.80	7,019,831.81	701,983.18
Ibarra 32,900	URBANO	5.27	0.98137803	32,288.00	13,170,501.22	13,170,501.22	6,881,218.56	19,372.80	5,504,974.85	550,497.48
	RURAL	0.10	0.01862197	613.00	250,046.99	250,046.99	130,642.56	367.80	104,514.05	10,451.40
Loja 37,720	URBANO	4.99	1	37,720.00	15,386,252.04	15,386,252.04	8,038,886.40	22,632.00	6,431,109.12	643,110.91
Quito	URBANODENSO	2.22	0.01267919	5,007.00	2,042,390.35	2,042,390.35	1,067,091.84	3,004.20	853,673.47	85,367.35
394,838	URBANO	10.58	0.06042607	23,859.00	9,732,253.11	9,732,253.11	5,084,830.08	14,315.40	4,067,864.06	406,786.41
	SUBURBANO	108.33	0.61871038	244,291.00	99,648,008.94	99,648,008.94	52,063,297.92	146,574.60	41,650,638.34	4,165,063.83
	RURAL	53.96	0.31	121,683.00	49,635,347.48	49,635,347.48	25,933,080.96	73,009.80	20,746,464.77	2,074,646.48
Riobamba 41,615	URBANO	6.35	0.9563253	39,798.00	16,233,882.79	16,233,882.79	8,481,749.76	23,878.80	6,785,399.81	678,539.98
	RURAL	0.29	0.0436747	1,818.00	741,574.93	741,574.93	387,452.16	1,090.80	309,961.73	30,996.17
Tulcán 16,404	URBANO	1.6	1	16,404.00	6,691,306.43	6,691,306.43	3,496,020.48	9,842.40	2,796,816.38	279,681.64

TABLA 3.19. DEMANDA DE TRÁFICO POR CIUDAD, POR CLUTTER Y POR SERVICIO

CIUDAD	CLUTTER	NÚMERO DE SITIOS	CARGA FINAL		NÚMERO DE PORTADORAS DE RF		OBSERVACIONES
			UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK	
<i>Ambato</i>	URBANO DENSO	1	11.6%	15.3%	1	1	
	URBANO	14	38.90%	72.1%	1	2	*
	RURAL	6	51.00%	70.00%	1	1	*
<i>Cuenca</i>	URBANO	14	31.9%	64.6%	1	2	*
	RURAL	1	30.9%	41.9%	1	1	
<i>Guayaquil</i>	URBANO DENSO	1	11.6%	15.3%	1	1	
	URBANO	14	31.9%	61.4%	1	2	*
	SUBURBANO	22	56.2%	75.5%	2	2	*
	RURAL	4	52.2%	71.1%	2	2	*
<i>Ibarra</i>	URBANO	4	52.2%	59.2%	2	2	
	RURAL	1	14.60%	18.6%	1	1	
<i>Loja</i>	URBANO	4	49.1%	65.80%	1	2	*
	URBANO DENSO	3	13.60%	26.0%	1	1	
<i>Quito</i>	URBANO	6	23.8%	43.1%	1	1	
	SUBURBANO	18	56.2%	75.6%	2	2	*
	RURAL	9	78.60%	75.5%	2	2	*
<i>Riobamba</i>	URBANO	4	42.00%	56.0%	1	2	*
	RURAL	1	28.80%	39.7%	1	1	
<i>Tulcán</i>	URBANO	2	38.0%	51.7%	1	2	*

TABLA 3.20 RESULTADO: NUMERO DE SITIOS CONSIDERANDO LA CARGA DE RED

* Áreas con carga final superior al 50% esperado

La tabla 3.20 muestra los resultados de dimensionamiento del número de celdas que se necesitarían para soportar la carga que se espera tener de acuerdo al número de usuarios y las áreas en análisis de cada clutter y cada ciudad.

Ambos resultados mostrados, es decir número de sitios por clutter necesarios para cobertura y para carga de tráfico, son determinantes en el sistema, razón por la que a continuación se compara estos dos resultados y se determina el número de sitios necesario final que será el más crítico, es decir, será el mayor de ambos y se muestra a continuación en la tabla 3.21.

CIUDAD	URBANO			URBANO DENSO			SUBURBANO			RURAL			VALOR FINAL CIUDAD
	COB	CARGA	VALOR FINAL	COB	CARGA	VALOR FINAL	COB	CARGA	VALOR FINAL	COB	CARGA	VALOR FINAL	
Ambato	14	14	14 (COB)	1	1	1	0	0	0	1	6	6(CARGA)	21
Cuenca	13	14	14(CARGA)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	14
Guayaquil	38	14	38(COB)	1	1	1	14	22	22(CARGA)	1	4	3(CARGA)	64
Ibarra	8	4	8(COB)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	9
Loja	8	4	8(COB)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Quito	16	6	16(COB)	10	3	10(COB)	17	18	18(CARGA)	1	9	9(CARGA)	53
Riobamba	10	4	10(COB)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	11
Tulcán	3	2	3(COB)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TOTAL	110	62	111	12	5	12	31	40	40	6	22	21	183

TABLA 3.21. NÚMERO DE SITIOS FINALES DE LA RED. (COB: SITIOS NECESARIOS PARA COBERTURA; CARGA: NÚMERO DE SITIOS NECESARIOS PARA SOPORTAR LA CARGA)

Los resultados del diseño resumidos y las simulaciones del sistema diseñado se presentan en el Capítulo 4: Resumen Ejecutivo.

CAPÍTULO IV

4. RESUMEN EJECUTIVO DEL DISEÑO

A continuación se presenta el diseño de red UMTS con cobertura en las principales ciudades del Ecuador, en el resumen se encuentran contemplados los diferentes criterios iniciales de diseño, los resultados de requerimientos para cumplir los mismos y las debidas simulaciones de la red propuesta.

4.1. CONSIDERACIONES INICIALES

4.1.1. COBERTURA

La cobertura esperada por ciudad y por tipo de clutter se resume en la tabla 4.1.

CIUDAD	URBANO DENSO [Km ²]	URBANO [Km ²]	SUBURBANO [Km ²]	RURAL [Km ²]	CAMINO [Km ²]	AREA TOTAL [Km ²]
Ambato	0.09	9.18	0	5.91	0	15.18
Cuenca	0	8.43	0	0.19	0	8.62
Guayaquil	0.11	25.85	89.02	11.98	0	126.96
Ibarra	0	5.27	0	0.1	0	5.37
Loja	0	4.99	0	0	0	4.99
Quito	2.22	10.58	108.33	53.96	0	175.09
Riobamba	0	6.35	0	0.29	0	6.64
Tulcán	0	1.6	0	0	0	1.6

TABLA 4.1. AREAS DE COBERTURA ESPERADAS PARA LAS CIUDADES

Estas áreas comprenden las zonas donde se espera dar cobertura UMTS en el Ecuador. Se debe aclarar que se han descartado las áreas donde no se justifica este tipo de cobertura como son por ejemplo: bosque denso o terreno sujeto a inundación,

de las diferentes ciudades para considerar sectores de población para los cuales el servicio sea necesario y asequible.

4.1.2. USUARIOS ESPERADOS

En la tabla 4.2 se muestra la cantidad de usuarios esperados por ciudad y por tipo de clutter.

# USUARIOS POSIBLES POR CIUDAD	Datos	Área Total por Clutter [sqKm]	% AREA TOTAL	USUARIOS por clutter
Ambato	URBANODENSO	0.09	0.01	367.00
46,190	URBANO	9.18	0.60	37,347.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	5.91	0.39	24,044.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Cuenca	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
67,217	URBANO	8.43	0.98	87,889.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.19	0.02	1,981.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Guayaquil	URBANODENSO	0.11	0.00	379.00
326,351	URBANO	25.85	0.20	88,841.00
	SUBURBANO	89.02	0.70	305,943.00
	RURAL	11.98	0.09	41,173.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Ibarra	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
24,608	URBANO	5.27	0.98	32,288.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.10	0.02	613.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Loja	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
28,212	URBANO	4.99	1.00	37,720.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.00	0.00	0.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Quito	URBANODENSO	2.22	0.01	5,007.00
295,314	URBANO	10.58	0.06	23,859.00
	SUBURBANO	108.33	0.62	244,291.00
	RURAL	53.96	0.31	121,683.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Riobamba	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
31,126	URBANO	6.35	0.96	39,798.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.29	0.04	1,818.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00
Tulcán	URBANODENSO	0.00	0.00	0.00
12,269	URBANO	1.60	1.00	16,404.00
	SUBURBANO	0.00	0.00	0.00
	RURAL	0.00	0.00	0.00
	CAMINO	0.00	0.00	0.00

TABLA 4.2 CANTIDAD DE USUARIOS ESPERADOS POR CIUDAD Y POR CLUTTER

Se ha considerado una distribución de la población en las diferentes ciudades igual a la del tipo de clutter para tomarla en cuenta en la carga de las celdas que se detalla en la tabla 3.20.

4.1.3. SERVICIOS Y GRADO DE SERVICIO

La red UMTS propuesta contará con los siguientes servicios, estos servicios y sus consideraciones de grado de servicio se muestran en la tabla 4.3.

SERVICIO	CLASE DE SERVICIO	TIPO DE CONEXIÓN	TASA DE BITS [bps]	GOS (GRADO DE SERVICIO)
VOZ	CONVERSACIONAL A 12.2 kbps	CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	12.2	2% DE BLOQUEO
VIDEO CONFERENCIA	CS 64	CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	64	2% DE BLOQUEO
NAVEGACIÓN WEB	BACKGROUND 384	CONMUTACIÓN DE PAQUETES	64/384 UL/DL	RETARDO DE 2 seg

TABLA 4.3 TIPOS DE SERVICIO OFRECIDOS EN LA RED

Como se puede notar se presenta un 2% de tasa de bloqueo para los servicios que utilizan una conexión de conmutación de circuitos. Y un retardo máximo de 2 segundos de las conexiones de conmutación de paquetes.

4.1.4. TRÁFICO ESPERADO

Tomando en cuenta el número de usuarios esperado en las diferentes ciudades, y suponiendo que en la hora pico:

- 50% de los usuarios totales por clutter acceden al servicio de voz
- 25% de los usuarios totales por clutter acceden al servicio de video conferencia
- 25% de los usuarios totales por clutter acceden al servicio de navegación Web

(Fuente: Documento-Siemens:Description_of_Default_Settings_for_SOT_v2%2E1_%28v4.pdf)

Se presenta en la tabla 4.4 el tráfico esperado en cantidad de bits en la hora pico.

DEMANDA DE TRÁFICO EN LA HORA PICO POR SERVICIO							
USUARIOS POR CIUDAD	CLUTTER	CONVERSACIONAL DL	CONVERSACIONAL UL	STREAMING 64 DL	STREAMING 64 UL	INTERACTIVE/ BACKGROUND/ 384 DL	INTERACTIVE/ BACKGROUND/ 384 UL
Ambato	URBANODENSO	149,701.87	149,701.87	78,215.04	220.20	62,572.03	6,257.20
61,756	URBANO	15,234,102.73	15,234,102.73	7,959,392.64	22,408.20	6,367,514.11	636,751.41
	RURAL	9,807,715.91	9,807,715.91	5,124,257.28	14,426.40	4,099,405.82	409,940.58
Cuenca	URBANO	35,850,538.32	35,850,538.32	18,730,903.68	52,733.40	14,984,722.94	1,498,472.29
89,869	RURAL	808,063.77	808,063.77	422,190.72	1,188.60	337,752.58	33,775.26
Guayaquil	URBANODENSO	154,596.75	154,596.75	80,772.48	227.40	64,617.98	6,461.80
436,334	URBANO	36,238,865.79	36,238,865.79	18,933,793.92	53,304.60	15,147,035.14	1,514,703.51
	SUBURBANO	124,796,291.30	124,796,291.30	65,202,572.16	183,565.80	52,162,057.73	5,216,205.77
	RURAL	16,794,754.91	16,794,754.91	8,774,789.76	24,703.80	7,019,831.81	701,983.18
Ibarra	URBANO	13,170,501.22	13,170,501.22	6,881,218.56	19,372.80	5,504,974.85	550,497.48
32,900	RURAL	250,046.99	250,046.99	130,642.56	367.80	104,514.05	10,451.40
Loja	URBANO	15,386,252.04	15,386,252.04	8,038,886.40	22,632.00	6,431,109.12	643,110.91
37,720							
Quito	URBANODENSO	2,042,390.35	2,042,390.35	1,067,091.84	3,004.20	853,673.47	85,367.35
394,838	URBANO	9,732,253.11	9,732,253.11	5,084,830.08	14,315.40	4,067,864.06	406,786.41
	SUBURBANO	99,648,008.94	99,648,008.94	52,063,297.92	146,574.60	41,650,638.34	4,165,063.83
	RURAL	49,635,347.48	49,635,347.48	25,933,080.96	73,009.80	20,746,464.77	2,074,646.48
Riobamba	URBANO	16,233,882.79	16,233,882.79	8,481,749.76	23,878.80	6,785,399.81	678,539.98
41,615	RURAL	741,574.93	741,574.93	387,452.16	1,090.80	309,961.73	30,996.17
Tulcán	URBANO	6,691,306.43	6,691,306.43	3,496,020.48	9,842.40	2,796,816.38	279,681.64
16,404							

TABLA 4.4 DEMANDA DE TRÁFICO ESPERADA EN LA HORA PICO

Para el diseño de las celdas, de acuerdo a la capacidad de tráfico, se considera una carga inicial del 50%.

Esto implica que en la hora pico se utilice la mitad de la capacidad de transmisión y recepción de las mismas en bits, este criterio es común en el diseño de redes de este tipo de tecnología.

4.1.5. BANDAS DE FRECUENCIA

Según datos de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, se tiene previsto la asignación de las siguientes frecuencias para tecnologías IMT2000, entre estas tecnologías se encuentra incluido lo que es el funcionamiento UMTS:

- 2110-2170 MHz
- 1910-1980 MHz

El diseño de cobertura está calculado entonces con las fórmulas del modelo de propagación para portadoras de radio frecuencia de la banda de los 2GHz.

4.2. RESULTADOS INICIALES

4.2.1. NÚMERO DE SITIOS RESULTADO

En la tabla 4.5 se detalla el número de NodeB que tendrá la red para soportar las características de cobertura y carga mencionadas.

CIUDAD	NÚMERO DE SITIOS
Ambato	21
Cuenca	14
Guayaquil	64
Ibarra	9
Loja	8
Quito	53
Riobamba	11
Tulcán	3
TOTAL SITIOS	183

TABLA 4.5 NUMERO DE SITIOS CALCULADOS

Todos los sitios tendrán la altura asumida en el diseño de 30m y 3 sectores lo que implica tres antenas de lóbulo principal con apertura menor a 90°.

Así se tendrán en total 171 NodeB y como un RNC (radio network controller) del modelo que se propone usar maneja 54 NodeB, se necesitarán 4 RNC

4.2.2. PORTADORAS DE RADIO FRECUENCIA RESULTADO

El número de portadoras necesario se definen en la tabla 4.6, debido a que estas se deben definir por tipo de clutter; Por la característica de densidad de usuarios en las diferentes áreas consideradas, no todos los sitios tendrán el mismo número de portadoras tanto en uplink como en downlink.

CIUDAD	CLUTTER	NÚMERO DE PORTADORAS DE RF	
		UPLINK	DOWNLINK
<i>Ambato</i>	URBANO DENSO	1	1
	URBANO	1	2
	RURAL	1	1
<i>Cuenca</i>	URBANO	1	2
	RURAL	1	1
<i>Guayaquil</i>	URBANO DENSO	1	1
	URBANO	1	2
	SUBURBANO	2	2
	RURAL	2	2
<i>Ibarra</i>	URBANO	2	2
	RURAL	1	1
<i>Loja</i>	URBANO	1	2
<i>Quito</i>	URBANO DENSO	1	1
	URBANO	1	1
	SUBURBANO	2	2
	RURAL	2	2
<i>Riobamba</i>	URBANO	1	2
	RURAL	1	1
<i>Tulcán</i>	URBANO	1	2

TABLA 4.6 NUMERO DE SITIOS CALCULADOS

4.3. COBERTURA – RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Es importante destacar que para las simulaciones que se pueden ver en las figuras N°A2.1 a A2.14 del ANEXO 2 se utilizaron las características de la antena K741 415

cuyas configuraciones se detallan en el cuadro de configuraciones finales de los sitios.

4.3.1. REPORTE DE UBICACIÓN TENTATIVA DE LOS SITIOS

El reporte de la ubicación tentativa de los sitios, sus ubicaciones y principales características de configuración se muestran en el ANEXO 3 en la Tabla N° A3.1.

4.4. COSTOS REFERENCIALES

Debido a la competencia en el mercado celular el acceso a la información de costos es muy limitado. El siguiente es un detalle de información recopilada de fuentes confiables y su limitación es el compromiso de la fuente como parte de la empresa para la que trabaja.

El costo total de un NodeB en funcionamiento, es decir, con las 3 antenas correspondientes a cada sector, channel cards (tarjetas de canal), y todos equipos requeridos para su funcionamiento se estima en \$45000.

En cuanto a los radio network controllers el costo de los mismos, listos para usar, es de \$1'200000, este precio incluye instalación y todo el equipo y los elementos de instalación necesarios.

Para dar una idea de cuales son los detalles de los costos se muestra un ejemplo del formato de propuesta de costos para la instalación de las estaciones de servicio celular en la tabla N° 4.

6 a la 4.9.

EQUIPOS

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (aproximado)	PRECIO TOTAL (aproximado)
1	183	Estación NodeB (3 antenas incluidas / 1 por sector)	\$ 43,496.68	\$ 7,959,892.44
2	4	Radio Network Controller (RNC)	\$ 1,200,000.00	\$ 4,800,000
SUB TOTAL				\$ 12,759,892.44

TABLA 4.6 COSTO DE EQUIPOS DE RED

MATERIALES DE INSTALACIÓN

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3	6	Cintas aislantes (types)	\$ 0.60	\$ 3.57
4	6	Cintas Autofundentes	\$ 6.43	\$ 38.57
5	12	Terminales para cable # 6 AWG	\$ 0.38	\$ 4.57
6	6	Terminales para cable # 12 AWG	\$ 0.11	\$ 0.69
7	4	Terminales para cable # 3/0 AWG	\$ 1.88	\$ 7.54
8	3	Amarras plásticas negras 30cmx100	\$ 3.36	\$ 10.08
9	2	Amarras plásticas negras 10cmx100	\$ 0.40	\$ 0.81
10	1	Juego de etiquetas duras (new / exp)	\$ 20.00	\$ 20.00
11	20m	Cable batería # 6AWG color verde	\$ 1.42	\$ 28.40
12	7m	Cable batería # 3/0 AWG color negro	\$ 8.52	\$ 59.62
13	5m	Cable concéntrico 4x6 AWG	\$ 6.06	\$ 30.30
14		Cable concéntrico 4x18 AWG	\$ 0.77	\$ 0.00
15	15m	Cable flexible # 12 AWG color verde	\$ 0.34	\$ 5.11
16	3m	Cable flexible # 10 AWG color negro	\$ 0.47	\$ 1.41
17	3m	Cable batería # 6 AWG color negro	\$ 1.42	\$ 4.26
18	4	Cables TQ	\$ 15.00	\$ 60.00
19	2	Cables de alarma	\$ 17.00	\$ 34.00
20	3	Conectores RJ45	\$ 0.40	\$ 1.21
21	1	Conectores DB-9 macho con tapa	\$ 0.67	\$ 0.67
22	16cm	Riel DIM	\$ 1.81	\$ 1.56
23	2	Aislantes	\$ 0.97	\$ 1.94
24	1	Relé 220v 8 pines con Socket	\$ 13.41	\$ 13.41
25	7m	Manguera plástica anillada 1"	\$ 0.84	\$ 5.88
26	5m	Manguera plástica anillada 3/4"	\$ 0.22	\$ 1.10
27	3m	Manguera plástica anillada 1/2"	\$ 0.17	\$ 0.51
28	8	Pernos con 2 arandelas planas y 1 de presión 3/8x2"	\$ 0.80	\$ 6.40

MATERIALES DE INSTALACIÓN

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
29	12	Pernos con 2 arandelas planas y 1 de presión 1/4x1"	\$ 0.15	\$ 1.80
30	32	Conectores RJ45 tipo FTP	\$ 1.80	\$ 57.60
31	32	Capuchones negros(Boots) para conectores RJ45	\$ 0.11	\$ 3.58
32	12	CONECTORES BNC	\$ 2.00	\$ 24.00
33	240	CABLES feeder (7/8´´)	\$ 21.65	\$ 5,196.85
SUB TOTAL				\$ 5,625.44

TABLA 4.7 COSTOS DE ELEMENTOS PRINCIPALES DE INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN CELULAR

SERVICIOS INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
34	43	REGION SUR MOVILIZACION, TRANSPORTE INSTALACION Y PUESTA EN OPERACIÓN INSPECCION CALIBRACION Y ALINEAMIENTO SEGURO DE TRANSPORTE DE EQUIPOS	\$ 1,100.00	\$ 47,300.00
				\$ 47,300.00
35	23	REGION NORTE MOVILIZACION, TRANSPORTE INSTALACION Y PUESTA EN OPERACIÓN INSPECCION CALIBRACION Y ALINEAMIENTO SEGURO DE TRANSPORTE DE EQUIPOS	\$ 1,100.00	\$ 25,300.00
				\$ 25,300.00
36	117	QUITO Y GUAYAQUIL	\$ 550.00	\$ 64,350.00
SUB TOTAL				\$ 136,950.00

TABLA 4.8 COSTO INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA

RESUMEN DE LA PROPUESTA

ITEM	CANTIDAD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	SUBTOTALES
1			EQUIPOS	\$ 12,759,892.44
2	183		MATERIALES DE INSTALACION	\$ 1,029,455.52
3			SERVICIOS INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA	\$ 136,950.00
TOTAL				\$ 13,926,297.96

TABLA 4.9 RESUMEN DE LA PROPUESTA, COSTO TOTAL DE LA RED

* Precios NO incluyen IVA

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En cuanto a cobertura, la red diseñada cumple con los requerimientos iniciales propuestos. La ubicación de los sitios podría variar de acuerdo a la disponibilidad de los lugares para su funcionamiento. A continuación se mencionan algunas recomendaciones con respecto a cobertura y carga en las ciudades en las que podrían observarse problemas.

En la ciudad de Ambato, en la zona urbana y rural, se espera una carga superior al 50% por el número de usuarios. Sin embargo, es poco rentable el aumento de un sitio debido al exceso de carga observado, por las consideraciones de costos que esto implicaría (ver sección Costos Referenciales). Se deberá entonces esperar a ver la red en funcionamiento para analizar si es justificable o no el aumento de sitios en esta zona.

En la ciudad de Cuenca la situación de carga superior al margen esperado, se superará por las características de cobertura. Es decir, como el número de sitios por cobertura es casi el doble del resultante en cuanto a carga, esta se verá considerablemente reducida. No se ha podido estimar esta reducción con valores debido a la limitante de no poder configurar el número de sitios en la herramienta de tráfico para ver resultados finales de carga con determinada cantidad de celdas.

La cobertura de la ciudad de Guayaquil no presenta problemas. En cuanto a carga, es crítica la situación de las zonas suburbana y rural, ya que presentarían una carga de casi el 70%, la recomendación entonces sería el aumento del número de sitios para soportar esta carga. Existe también la posibilidad de que no se llegue a esta carga debido a que este tipo de zona no se estima como potencial mercado de este tipo de tecnología, es decir, no sería un foco de atención de consumo por parte de las operadoras. Se deberá tener en cuenta un análisis de capacidad cuando la red esté operando. Esta razón justifica la mayoría de los excesos de carga en las zonas suburbana y rural.

En la ciudad de Loja se presenta también un exceso en la carga de las celdas, pero de la misma forma que en Ambato, el número de sitios por cobertura reducirá este valor considerablemente.

En la zona suburbana de Quito se tomará en cuenta también las consideraciones mencionadas para la ciudad de Guayaquil en cuanto a carga.

El diseño realizado toma en cuenta solamente la capa de las Macro-Celdas, existe la posibilidad de necesitar mas sitios de capas inferiores como Micro y Pico celdas en centros de alta concentración de público como centros comerciales y lugares de eventos de alta concurrencia. Todos estos se deberán analizar de acuerdo a los requerimientos del operador y características de comportamiento que se observarán cuando la red se encuentre funcionando.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- Las características de frecuencia, determinadas por los grupos reguladores y desarrolladores internacionales como el 3GPP, determinan la cobertura corta de los sitios trabajando en la banda de los 2Ghz.
- Actualmente, se conoce que SIEMENS está ofreciendo al mercado la posibilidad de la implementación de este tipo de tecnología en la banda de 850 MHz. Seguramente, la disponibilidad de estas frecuencias resultará en un diseño con menos cantidad de sitios.
- Es de mucha importancia tomar en cuenta el hecho de que la distancia de cobertura en el enlace de subida de un sitio es menor que la del enlace de bajada. Este factor es determinante en el cálculo del número de sitios por cobertura.
- La topología de los terrenos a cubrir y la densidad de edificaciones pueden definir el aumento en el número de celdas de cualquier tipo (macro, micro y pico) de acuerdo a la propagación que la señal presente en determinados sectores.
- La velocidad de transmisión de datos en UL (enlace de subida) es también el mayor determinante en cuanto a cobertura, como se mostró en el capítulo 3.
- El modelo de propagación a utilizar en estos diseños cambiará de acuerdo a la frecuencia a utilizar en el diseño.

- Existe un proceso que se podría incluir como parte del diseño de red WCDMA, que es la planeación de códigos de scrambling. Sin embargo, no es crucial en el diseño debido a que esta planeación de códigos generalmente se lo deja a la herramienta de simulación.
- El factor más importante de interferencia en redes WCDMA es el número de usuarios simultáneos en la zona de cobertura de la celda.
- Se ha utilizado celdas de tres sectores, pero en el proceso de optimización y puesta en marcha de la red se podría ver necesario el aumento de celdas de uno o dos sectores.
- El dimensionamiento de los RNC (radio network controllers) es un proceso de alto análisis. El resultado presentado es factible de considerar para este nivel de diseño, ya que se necesitaría conocer un valor más exacto del número de usuarios para así determinar el tráfico esperado real y dimensionar exactamente el número de RNC requeridas para la red.
- Una de las funcionalidades importantes de la tecnología UMTS es la factibilidad de realización de handovers entre sistemas UMTS y GSM, esta ventaja permite el aprovechamiento de los recursos de cobertura de la tecnología GSM como soporte en lugares no provistos con cobertura UMTS.
- Las cantidades usuarios presentadas en este diseño se muestran un tanto sobredimensionadas, de acuerdo a información adquirida la cantidad asumida para diseño son generalmente mucho menores que las consideradas. Esto no implica ningún error, es mas, serviría como sustentación ya que, de ser así, la cantidad de sitios calculados en este diseño soportaría fácilmente menores proporciones de usuarios de la red.
- La decisión de aumento de número de sitios en este tipo de tecnología se encuentra principalmente limitada por el costo de implementación que sugieren los mismos.
- La mayor probabilidad de implementación de UMTS en el Ecuador la tienen las ciudades de Quito y Guayaquil debido a características de mercado actuales, que favorecen a la venta de este tipo de servicios, en cuanto a clientes potenciales.

- Se puede establecer que los sitios en las zonas rurales y suburbanas no serían primordiales de implementar en un lanzamiento inicial de la red. Se debe recordar que este tipo de tecnología apunta su enfoque principalmente hacia áreas urbanas y urbanas densas.
- El diseño de redes de telefonía celular y de algunos otros tipos de redes de transmisión de datos, ya sea voz o cualquier otro tipo, implica cada vez de mayor manera el uso de software especializado, por la cantidad de características a manejar y sobretodo la velocidad de procesamiento de los datos, ya que sin estas herramientas el tratamiento de la información necesaria para estos diseños sería excesivamente larga.
- Se recomienda analizar el número de usuarios posibles en el mercado actual en el Ecuador para un dimensionamiento exacto de los recursos de la red.
- Se debe analizar cuales son los sitios mas concurridos de usuarios en cada ciudad para considerar el aumento de celdas en los mismos y soportar la carga en ellos.

5.2.RECOMENDACIONES

- En estos tiempos de alta competencia en la tecnología celular es recomendable para las operadoras mantenerse actualizadas en tecnología y servicios a ofrecer. Cualquier servicio agregado que se pueda ofrecer implica una ventaja sustancial contra los competidores.
- Las ventajas que ofrece la tecnología de redes celulares UMTS, han justificado su implementación en países europeos y de Norteamérica, se recomienda entonces realizar un análisis actual de mercado para determinar si este tipo de tecnología sería rentable al implementarse en el Ecuador.
- Es recomendable también tomar en cuenta que los costos, en cuanto a equipos de tecnología celular, como son las estaciones han bajado

considerablemente en los últimos años (aproximadamente en un 60%), por lo cual es realmente grande el valor de rentabilidad de estos tipos de servicio.

- En las redes celulares existe la posibilidad de realizar lo que se conoce como un “OVERLAY”, que consiste en la implementación de otro tipo de tecnología celular, como son; GSM, CDMA, o la misma UMTS, sobre sitios existentes de la misma red. Se recomienda también este tipo de procedimiento, para reducir costos de migración a la tecnología UMTS, en cuanto a torres de soporte de las antenas y alquiler de los sitios físicos que soportarán la nueva tecnología.
- Como se menciona en el trabajo presentado UMTS es recomendado implementarse, al menos en su fase inicial, en zonas urbanas por la cantidad de clientes potenciales que en este tipo de áreas se presentan.
- Otra recomendación que se puede mencionar es que se realice un análisis visitando los diferentes tipos de áreas en las diferentes ciudades, para determinar si estas pertenecen a los tipos: rural urbano, urbano denso y suburbano, ya que puede darse el caso de que los mapas utilizados no representen en realidad las características que para el diseñador tienen estas zonas.
- Se recomienda también la realización de lo que se conoce como el “*Model Tunning*”, esta metodología permite determinar el modelo de propagación a utilizar para zonas que no presentan características comunes a los diferentes tipos de área (rural urbano, urbano denso y suburbano), y se realiza tomando medidas de señal dentro del área en estudio y realizando una regresión estadística de la señal en función de la distancia entre el equipo de medición que recibe la señal y la estación transmisora de prueba.

BILIOGRAFÍA

- [HTTP://WWW.UMTSWORLD.COM/TECHNOLOGY](http://www.umtsworld.com/technology)
- [HTTP://WWW.UMTSWORLD.COM/NEWS](http://www.umtsworld.com/news)
- [HTTP://WWW.UMTSFORUM.NET/MOSTRAR_NOTICIAS](http://www.umtsforum.net/mostrar_noticias)
- [HTTP://WWW.3GPP.ORG/SPECS/WORKITEM-INFO](http://www.3gpp.org/specs/workitem-info)
- [HTTP://WWW.UMTSWORLD.COM/UMTS/HISTORY.HTM](http://www.umtsworld.com/umts/history.htm)
- [HTTP://WWW.TBIG.NET/COURSES/UMTS/E/PDF/MODUL_4_E.PDF](http://www.tbig.net/courses/umts/e/pdf/modul_4_e.pdf)
- [HTTP://WWW.TEK.COM/MEASUREMENT/SIGNALING/INDEX/ND-ACADEMY/UMTS_UTRAN_SIGNALING_ABSTRACT.PDF](http://www.tek.com/measurement/signaling/index/nd-academy/umts_utran_signaling_abstract.pdf)
- [HTTP://WWW.LUCENT.COM/LIVELINK/09009403800879A3_NEWSLETTER.PDF](http://www.lucnet.com/livelink/09009403800879A3_newsletter.pdf)
- [HTTP://OCW.MIT.EDU/NR/RDONLYRES/SLOAN-SCHOOL-OF-MANAGEMENT/15-020FALL2003/3260216A-4319-4E5D-A113-D3083AA54F35/0/REC4.PDF](http://ocw.mit.edu/nr/rdonlyres/sloan-school-of-management/15-020fall2003/3260216A-4319-4E5D-A113-D3083AA54F35/0/rec4.pdf)
- [BASIC_PMN0_UMR2.3PDF.PDF,](#)
- [BASIC_PMN0_UMR2.2PDF.PDF](#)
- [LINK_BUDGET_DESCRIPTION_\(FDDMACRO\)V.5.PDF](#)
- [03_BAS_PMN_AIR_INTERFACE_DIM_UMR5_0_V1_1_IUS.PDF](#)
- [LINK_BUDGET_DESCRIPTION_FDDMACRO_V_6.3.PDF](#)
- [3_BASIC_PMN0_UMR3.0_AIR_INTERFACE_DIMENSIONING.PDF](#)
- [BASIC_PMN0_UMR3%2E5%2C_TRAFFIC_MODEL_AND_PLANNING_ASPECTS.PDF](#)
- [WWW.3GAMERICAS.COM](http://www.3gamericas.com)

ANEXO 1

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TERMINOS

2G.-Second Generation

3G.- Third Generation

3GPP.- Third Generation Partnership Project

4G.- Fourth Generation

ADSL.- Asymmetric DSL

AICH.- Access Indicator Channel

AMPS.- Analog mobile phone service

Area Location Probability [%].- La probabilidad de que el equipo de usuario se encuentre bajo el área de servicio de la celda en análisis, para diseño se asume 96%

ATDMA.- Advanced TDMA

ATM.- Asynchronous Transfer Mode

ATTACH.- Registro del móvil en la red

AuC.- Authentication Center

AZIMUT.- Angulo de orientación de las antenas con respecto al norte geográfico en sentido horario

Bearer.- Portadora del servicio a planear

BHCA.- Es el número de intentos de llamada en la hora pico del tipo de servicio en análisis

BPSK.- Binary Phase shift Keying

CAPACIDAD DE LA CELDA.- Cantidad de bits por segundo que puede soportar una celda

CC.- Call Control

CDMA.- Code Division Multiple Access

CELDA.- Zona de cobertura de las antenas de un NodeB

Cell LoadDL [%].- Es la carga de celda esperada en el enlace de subida UL, para diseño se asume 50%

Cell LoadUL [%].- Es la carga de celda esperada en el enlace de subida UL, para diseño se asume 50%

CLOSED LOOP POWER CONTROL.- Control de Potencia de Lazo Cerrado

CLUTTER.- Tipo de área a cubrir, puede ser urbana, urbana densa, suburbana y rural

CM.- Conexion Management

CN.- Core Network

CODIT.- Code Division Testbed

CS.- Circuit Switched – Conmutación de Circuitos

DETACH.- Registro del móvil en la red desactivado

DL.- Downlink

DRNS.- Drift RNS

DS-CDMA.- Direct Sequence CDMA

DSL.- Digital Subscriber Line

DURACIÓN.- Se refiere a la duración en promedio de la conexión por llamada en la hora pico

DVD.- Digital Versatil Disk

Eb/No.- Energía de bit por unidad de Ruido

Eb/No [dB].- Es el mínimo valor de energía por bit recibida dividida para el ruido más la interferencia ($E_b/(N_o+I_o)$), en la cual el receptor es capaz de decodificar la señal recibida al nivel de BER(tasa de bits errados) requerido

EDGE.- Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EIRP.- Potencia Radiada Isotrópica equivalente

E-TACS.- Extended TACS

ETSI.- European Telecommunication Standar Institute

FACTOR DE ASIMETRÍA.- Toma en cuenta el tiempo real en que el usuario se encuentra transmitiendo con respecto al tiempo total que tarda la comunicación y solo aplica en servicios del tipo interactive/background)

FACTOR DE ON/OFF.- Tiene correspondencia con el throughput del enlace (la velocidad efectiva de transmisión puede no ser constante en algunos canales de comunicación a la velocidad de datos del mismo se le conoce con el nombre de throughput)

FDD.- Frecuency Division Duplexing

FH-CDMA.- Frecuency Hopping CDMA

FRAMES.-Future Radio Wideband Multiple Access System

Gain, NB y Gain UE [dBi].- Ganancia de la antena del NodeB y la antena del equipo de usuario

GHO [dB]- Handoff Gain.- El soft-handover (y también el hard-handover) da una ganancia adicional de macro diversidad

GoS.- Grado de servicio

GPRS.- General Packet Radio Service

GSM.- Global System for mobile communication

HANDOVER.- Proceso que permite que una comunicación en curso de cualquier tipo no se vea interrumpida por la característica de movilidad del usuario

HLR.- Home Location Register

HORA PICO.- La hora máximo tráfico cursado por determinada celda

HSDPA.- High Speed Downlink Packet Access

IMT-2000.- International Mobile communications – 2000 estándar global para tercera generación

IN.- Intelligent Network

Ineractive/Background.- Se refiere a los servicios de intercambio constante de datos entre el UE y la Red

Information_rate=10log(Rb) [dB].- Es la tasa de bits del canal, Rb es la tasa de bits en [bps] de la portadora considerada

Intercept Point [dB].- De la fórmula de pérdida en función de la distancia corresponde al término independiente, es decir, la pérdida del enlace que siempre se toma en cuenta independientemente de la distancia

Interference Margin.- Margen de interferencia, este valor toma en cuenta el crecimiento del ruido debido a la interferencia intra-celda e inter-celda

IS-95.- Interim Standar 95, estándar celular digital basado en CDMA

ITU.- International Telecommunications Union

ITU-R.- International Telecommunications Union – Radio

Iur.- Interfaz entre las RNC

JTACS.- Japanese TACS

Layer.- Tipo de celda a planear: macro, micro o pico celda

Lbody [dB].- Pérdida de cuerpo, el cuerpo del usuario afecta la radiación y calidad de recepción de las ondas de radio mientras el usuario esta hablando por el teléfono, cuando la antena está al nivel del hombro, el nivel de recepción disminuye aproximadamente 3 dB

Lfeeder, NB y Lfeeder UE [dB].- Pérdida debida al cable alimentador entre el NodeB y el conector de la antena y de igual manera entre el UE (equipo de usuario) y su antena

LINK BUDGET.- CÁLCULO del enlace de Radio

LOCATION AREA.- Área de localización del Equipo de usuario

LOCATION UPDATE.- Actualización de Ubicación

Lpenetration.- Pérdida de penetración, cuando el equipo de usuario funcione dentro de una edificación, vehículo o dentro de un área forestal, este sufre un incremento de pérdida de propagación cuando la señal atraviesa los objetos para alcanzar el NodeB, esta clase de pérdida es conocida como pérdida de penetración, y esta pérdida es función de la portadora de frecuencia usada y la naturaleza de los obstáculos

MACRO – CELDA.- Celda cuya antena se ubica generalmente sobre los techos de las edificaciones

MACRO UTRA FDD /carrier.- La cantidad de frecuencias a disponibles para usar

Macro UTRA FDD/DL [sqkm].- Es el área de cobertura de una celda de acuerdo a los resultados del link budget mostrados en la sección 3

Macro UTRA FDD/UL [sqkm].- Es el área de cobertura de una celda de acuerdo a los resultados del link budget mostrados en la sección en el enlace de subida de una macro celda

Max Pathloss/DL [dB].- Máxima pérdida de camino en el enlace de DL calculado con el LINK BUDGET

Max Pathloss/UL [dB].- Máxima pérdida de camino en el enlace de UL calculado con el LINK BUDGET

MICRO – CELDA.- Celda cuya antena se ubica generalmente bajo el nivel de los techos de las edificaciones

MM.- Mobility Management

- MOC.-** Mobile Originated Call
- MSC.-** Mobile Switching Center
- MShadowing [dB].-** Margen de sombra (margen de desvanecimiento lento, slow fade, o margen de desvanecimiento log normal)
- NFNB y NFUE.-** Figura de ruido en el NodeB y en el equipo de usuario UE, este valor es la cantidad de ruido (en dB), que son causados por el procesamiento de la señal en los componentes electrónicos activos, sumado a la densidad de ruido térmico dentro de la banda de frecuencia del receptor
- Node B.-** Estación Base en tecnología UMTS
- NRT.-** Non Real Time Services
- NTACS.-** Narrowband TACS
- Number of changing values.-** Número de servicios a planear
- OPEN LOOP POWER CONTROL.-** Control de Potencia de Lazo Abierto
- OUTER LOOP POWER CONTROL.-** Control de Potencia De Lazo Exterior
- Pathloss.-** Pérdida de Camino
- PDP.-** Packet Data Protocol
- Phase.-** El número de fase a planear, en diseño será solamente la primera fase
- PICO – CELDA.-** Celda cuya antena se ubica dentro de las edificaciones
- PNB_per_user [dBm] .-** Potencia del NodeB dedicada a un solo usuario
- POLE CAPACITY.-** Capacidad máxima de tráfico de una celda de acuerdo a los servicios a prestar y el área de cobertura
- PS.-** Packet Switched – Conmutación de Paquetes
- PSTN.-** Public Switched Telephonic Network
- PUE [dBm] – máxima potencia de salida del equipo de usuario.-QoS.-** Medida relacionada con la calidad de cada tipo de servicio
- QPSK.-** Quadrature Phase Shift Keying
- RAB.-** Radio Access Bearer
- Required coverage [%].-** Es el porcentaje del área en análisis que requiere cobertura UMTS
- RNC.-** Radio Network Controller
- RNS.-** Radio Network Subsystem

RRC.- Radio Resource Control

RT.- Real Time Services

Signalling [%] .- Cantidad de la potencia del NodeB, que se transmite por el canal de control CPICH (canal piloto común) y otros canales de control de señalización Broadcast

SIR.- Relación Señal a Interferencia

Slope [dB/dec].- De la fórmula de pérdida en función de la distancia corresponde al factor de incremento de la pérdida que multiplica al incremento de la distancia

SM.- Session Management

SMS.- Short Message Service

Spectrum efficiency UL / DL.- Eficiencia de espectro de enlace de subida y de bajada respectivamente

SRNS.- Server Radio Network subsystem

Surface of Area [sqkm].- Es el área en kilómetros cuadrados que se desea analizar

TACS.- Total Access Communication Network

TD-CDMA.- Time Division Duplexing and Code Division Multiple Access

TDD.- Time Division Duplexing

TDMA.- Time Division Multiple Access

TD-SCDMA.- Time division synchronous CDMA

TH-CDMA.- Time Hopping CDMA

Thermal_Noise_Density= kT [dBm/Hz].- k = constante de Boltzman = 1

Tx power increase.- Incremento de la potencia de transmisión [dB], el incremento de la potencia de transmisión describe un margen que se toma en cuenta como una potencia de respaldo en el límite de distancia de la transmisión

UE.- User Equipment

UL.- Uplink

UMTS.- Universal Mobile Telecommunications System

UTRAN.- Universal Terrestrial Radio Access Network

Uu.- Interfaz de Aire entre el UE y la estación base

VLR.- Visitor Location Register

WCDMA.- Wideband CDMA

WRC.- World Radio Conference

WWW.- World Wide Web

ANEXO 2

RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE COBERTURAS

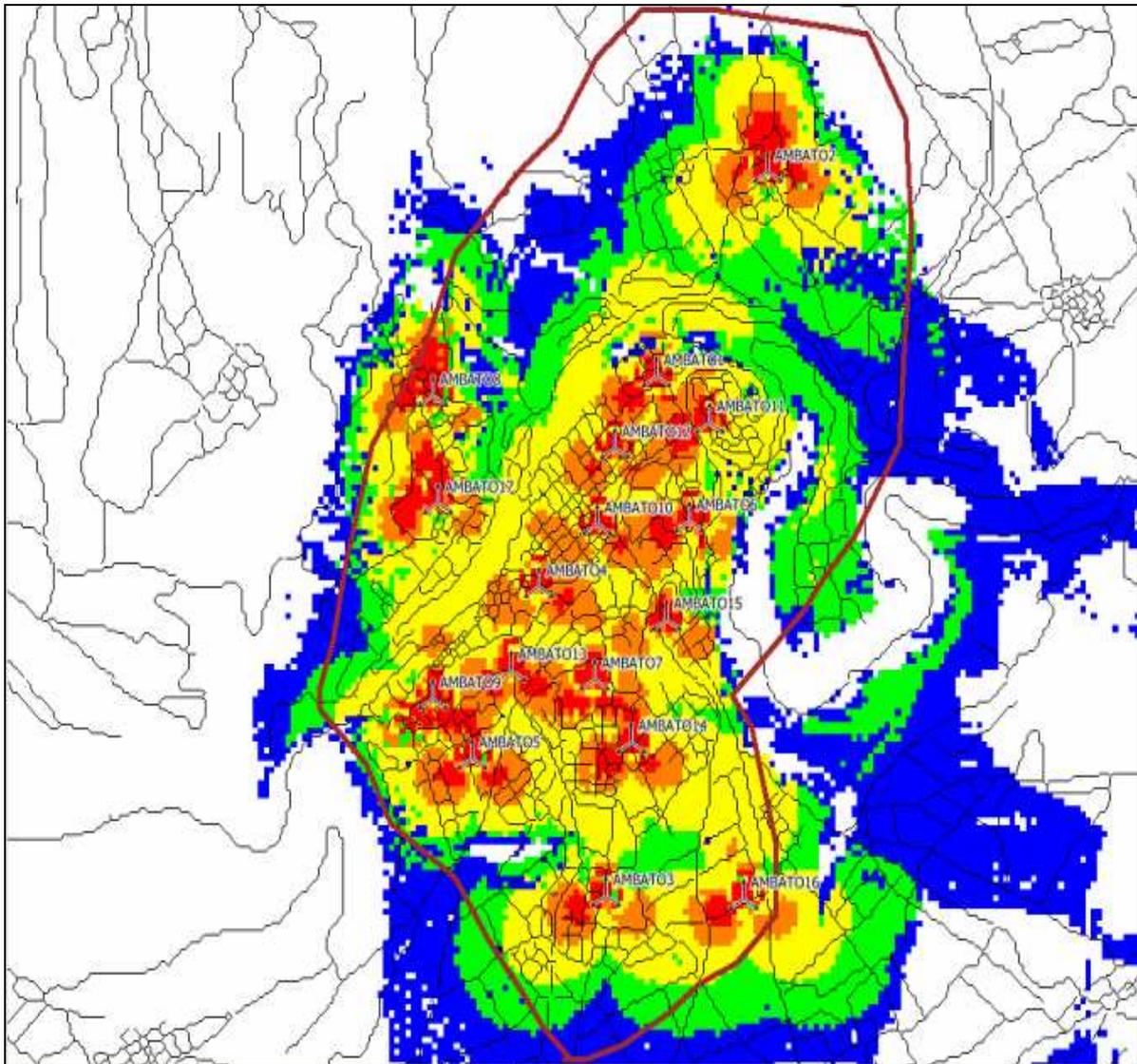


FIGURA A2.1 COBERTURA CIUDAD DE AMBATO

- UMTS
- $-65.0 < \text{dBm}$
- $-70.0 < \text{dBm} < -65.0$
- $-78.0 < \text{dBm} < -70.0$
- $-84.0 < \text{dBm} < -78.0$
- $-92.0 < \text{dBm} < -84.0$

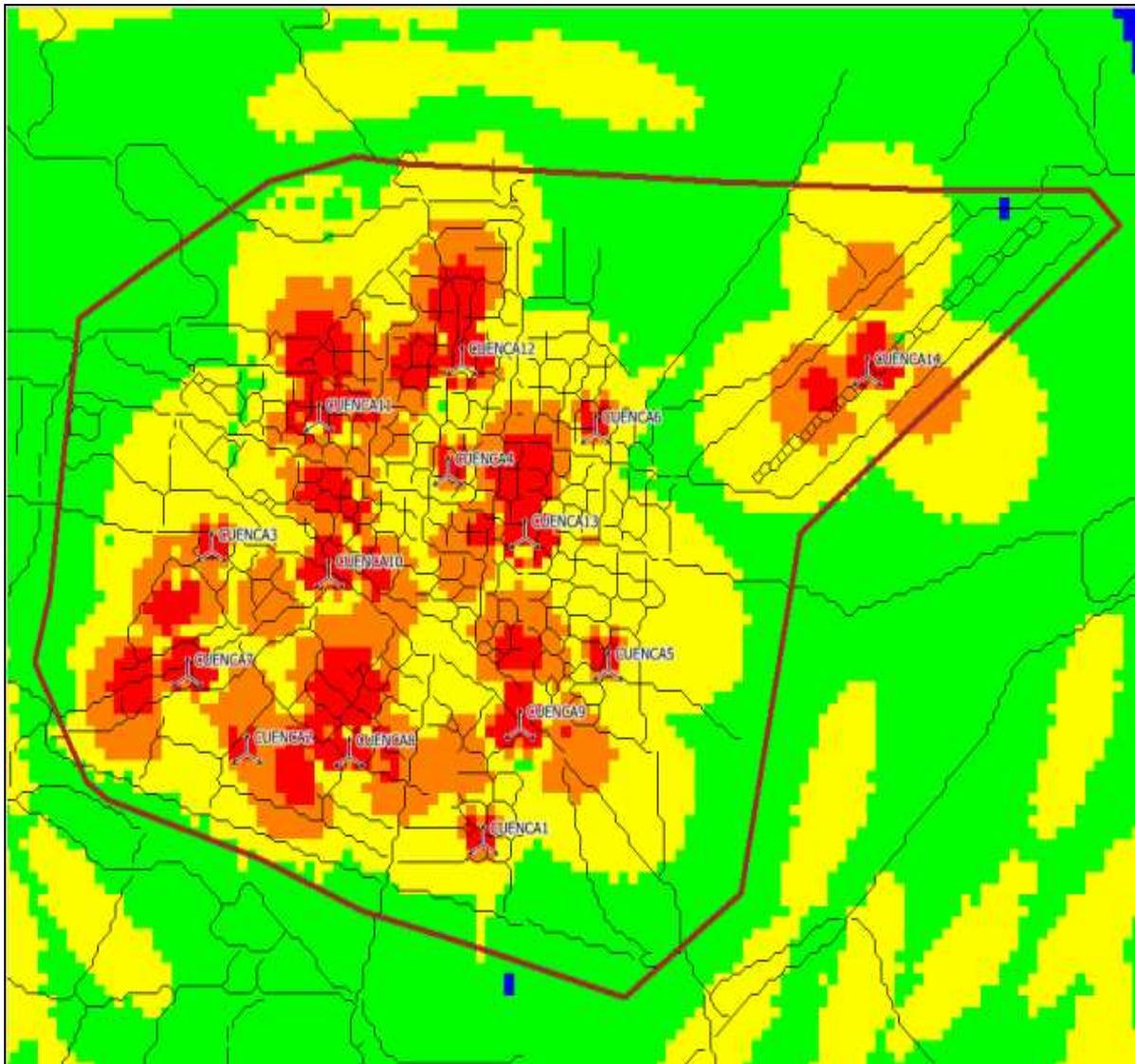


FIGURA A2.2 COBERTURA CIUDAD DE CUENCA



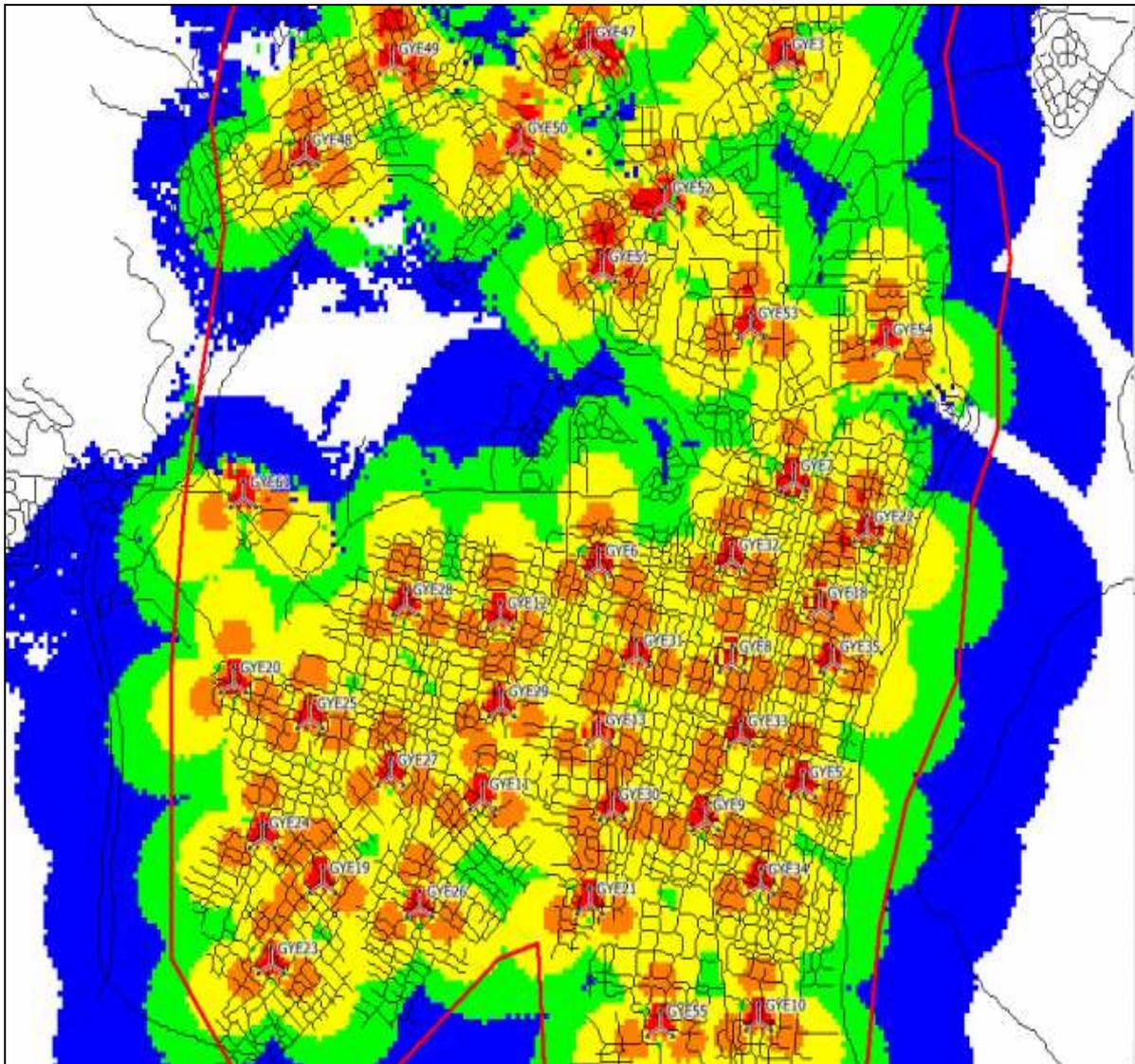
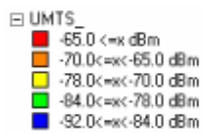


FIGURA A2.3 COBERTURA CIUDAD DE GUAYAQUIL CENTRO



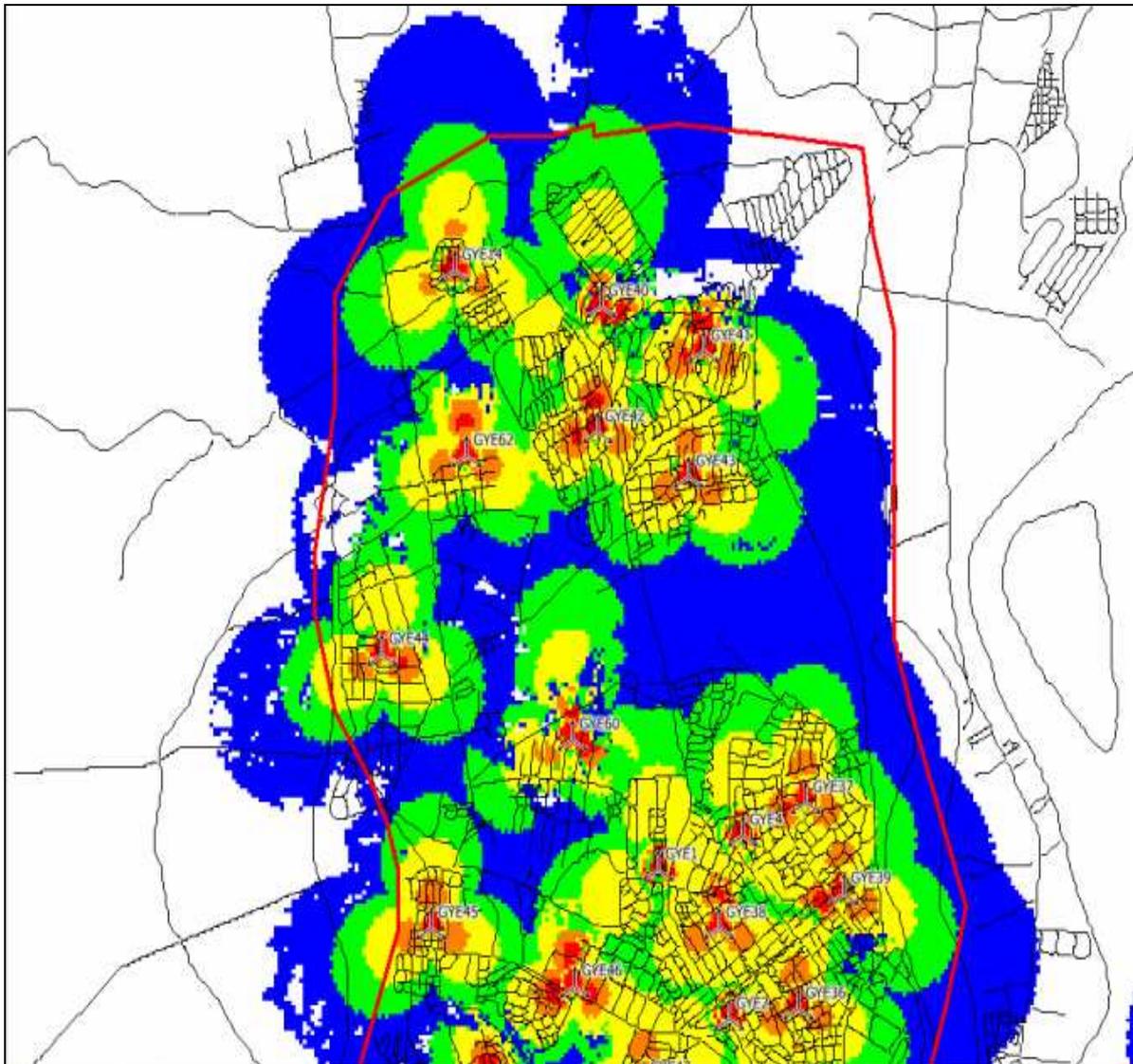


FIGURA A2.4 COBERTURA CIUDAD DE GUAYAQUIL NORTE

- UMTS
- -65.0 <= x dBm
- -70.0 <= x < -65.0 dBm
- -78.0 <= x < -70.0 dBm
- -84.0 <= x < -78.0 dBm
- -92.0 <= x < -84.0 dBm

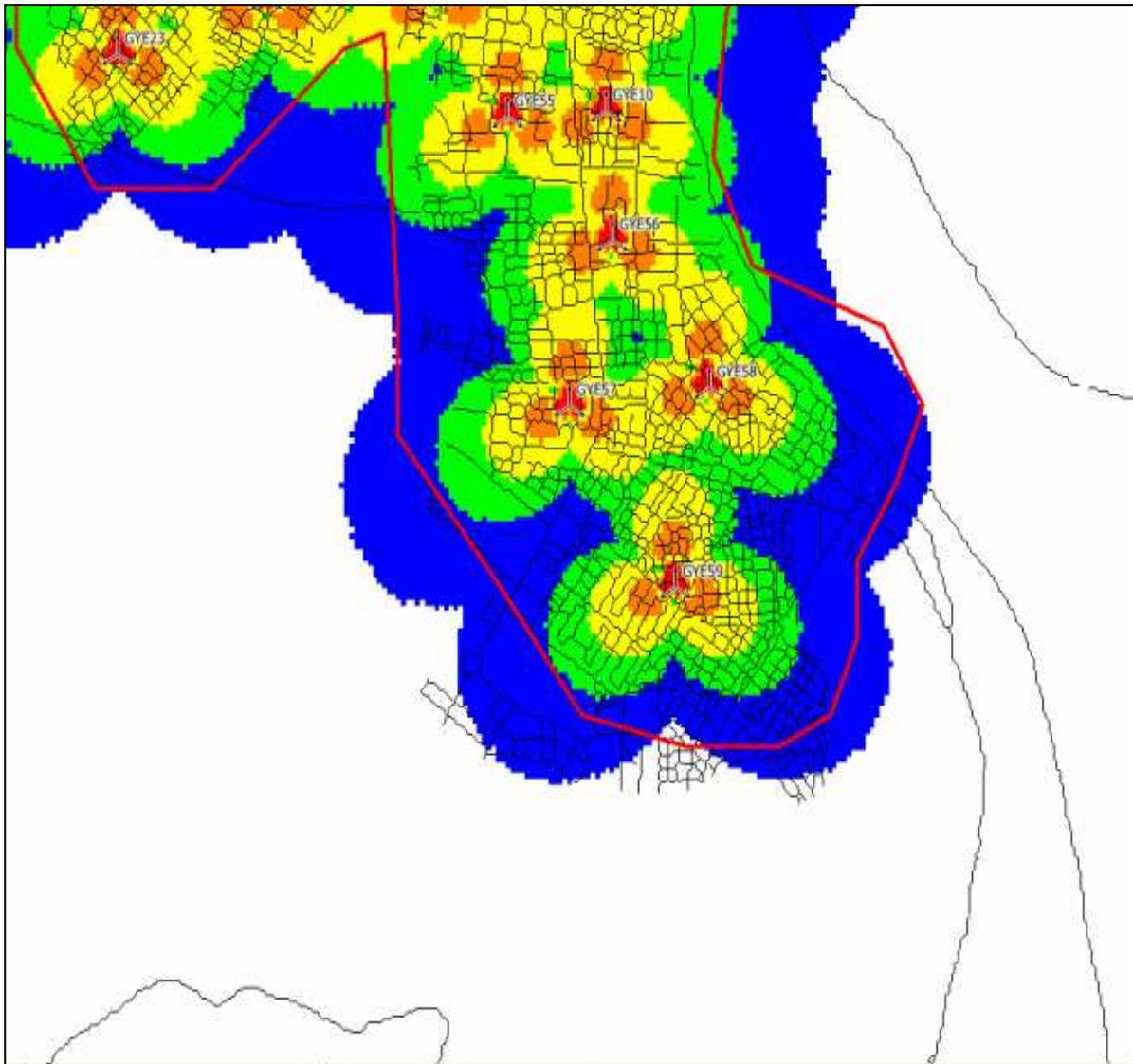
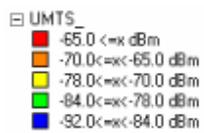


FIGURA A2.5 COBERTURA CIUDAD DE GUAYAQUIL SUR



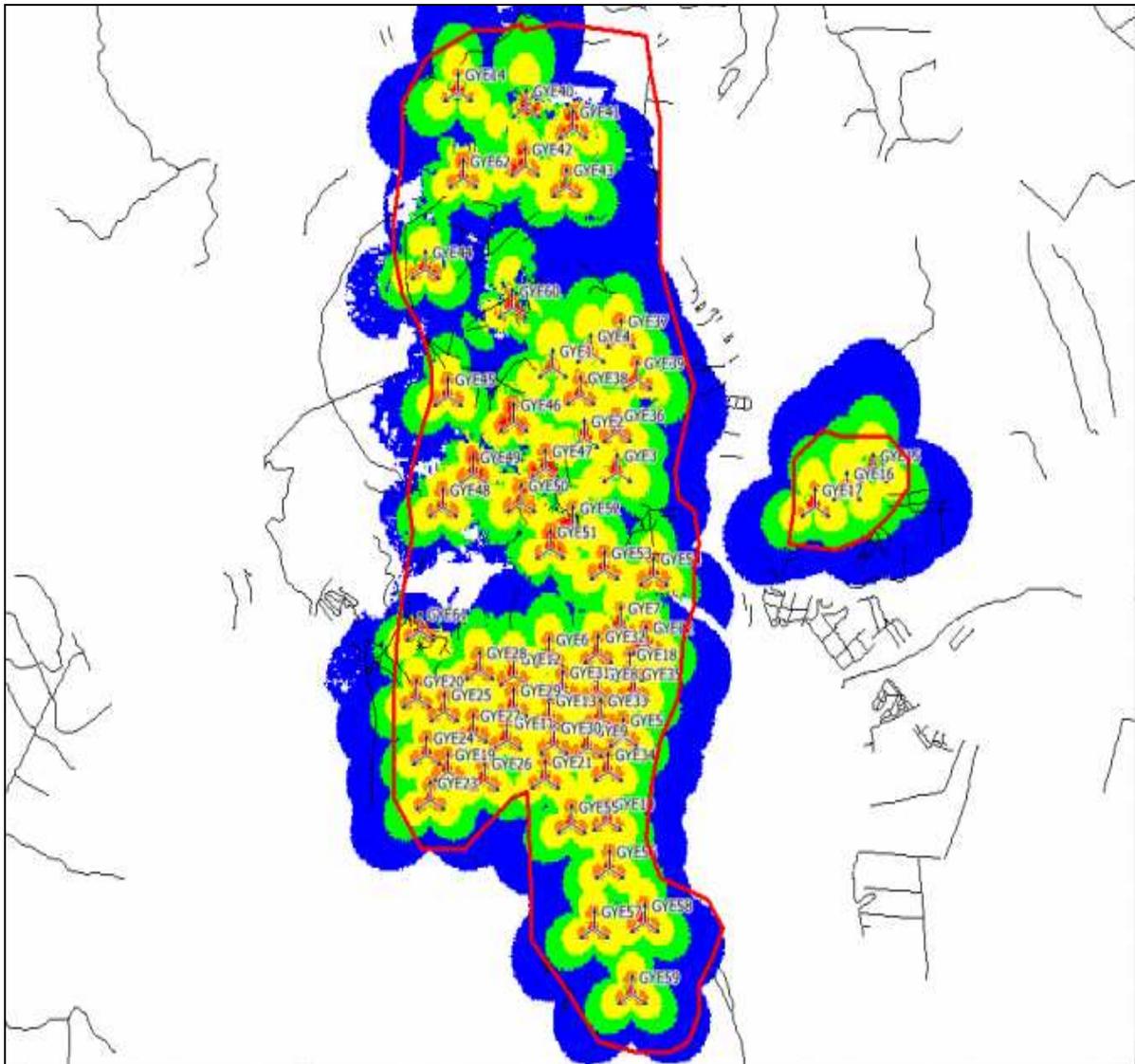
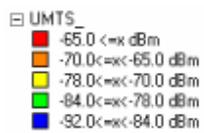


FIGURA A2.6 COBERTURA CIUDAD DE GUAYAQUIL TOTAL



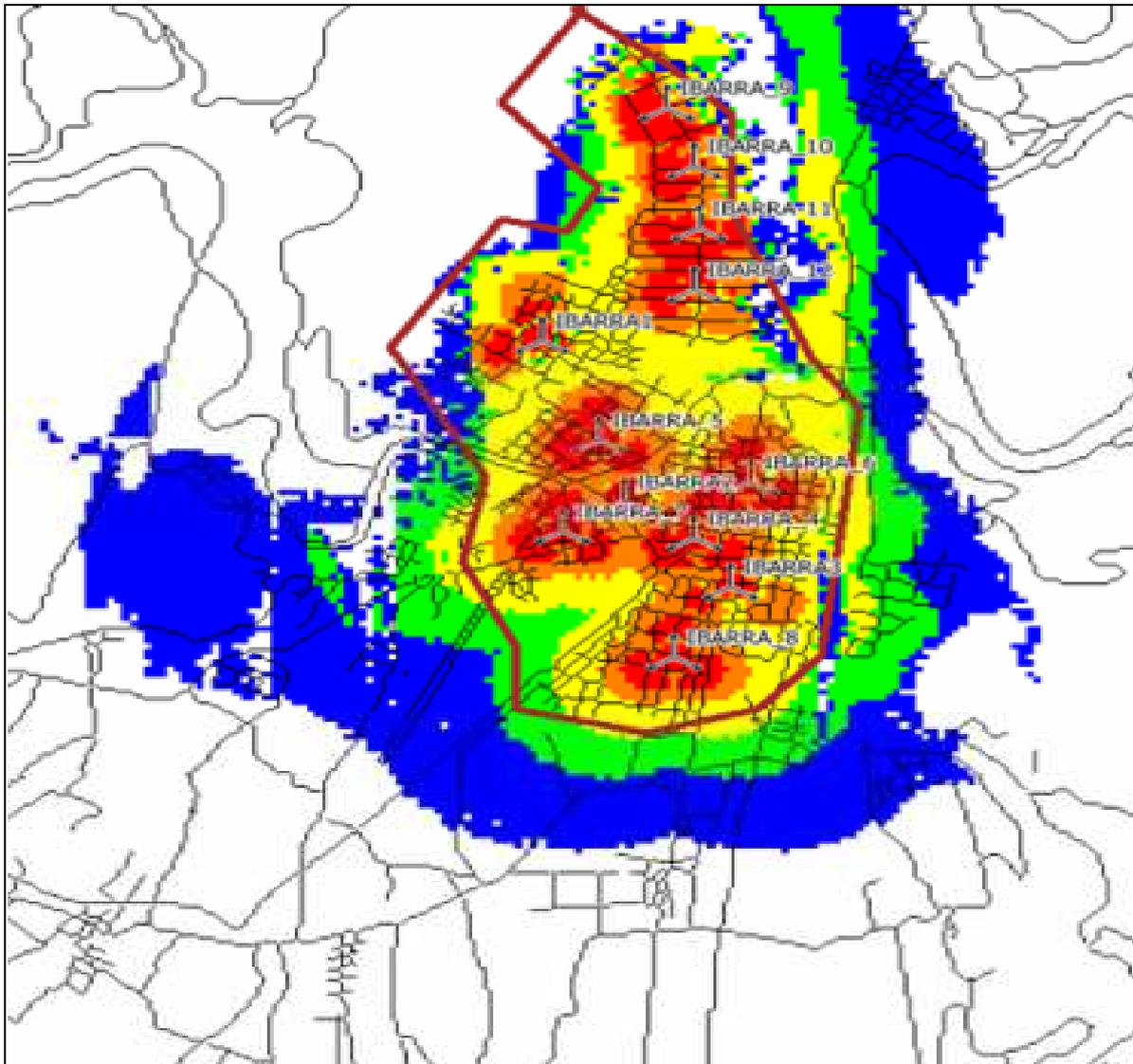


FIGURA A2.7 COBERTURA CIUDAD DE IBARRA

- UMTS
- -65.0 <= x dBm
- -70.0 <= x < -65.0 dBm
- -78.0 <= x < -70.0 dBm
- -84.0 <= x < -78.0 dBm
- -92.0 <= x < -84.0 dBm

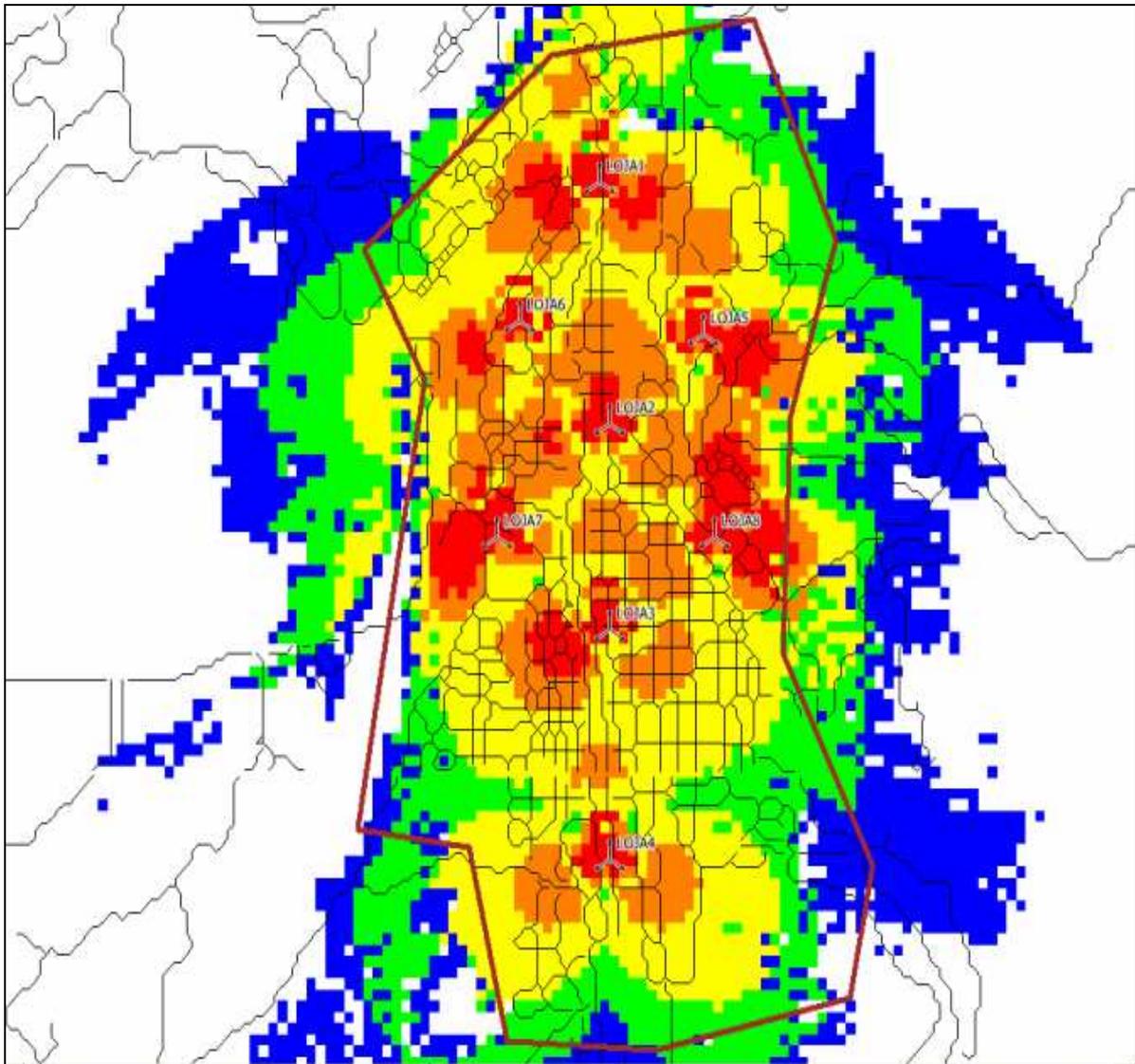


FIGURA A2.8 COBERTURA CIUDAD DE LOJA

- UMTS
- > -65.0 dBm
- -70.0 <= < -65.0 dBm
- -78.0 <= < -70.0 dBm
- -84.0 <= < -78.0 dBm
- > -92.0 dBm

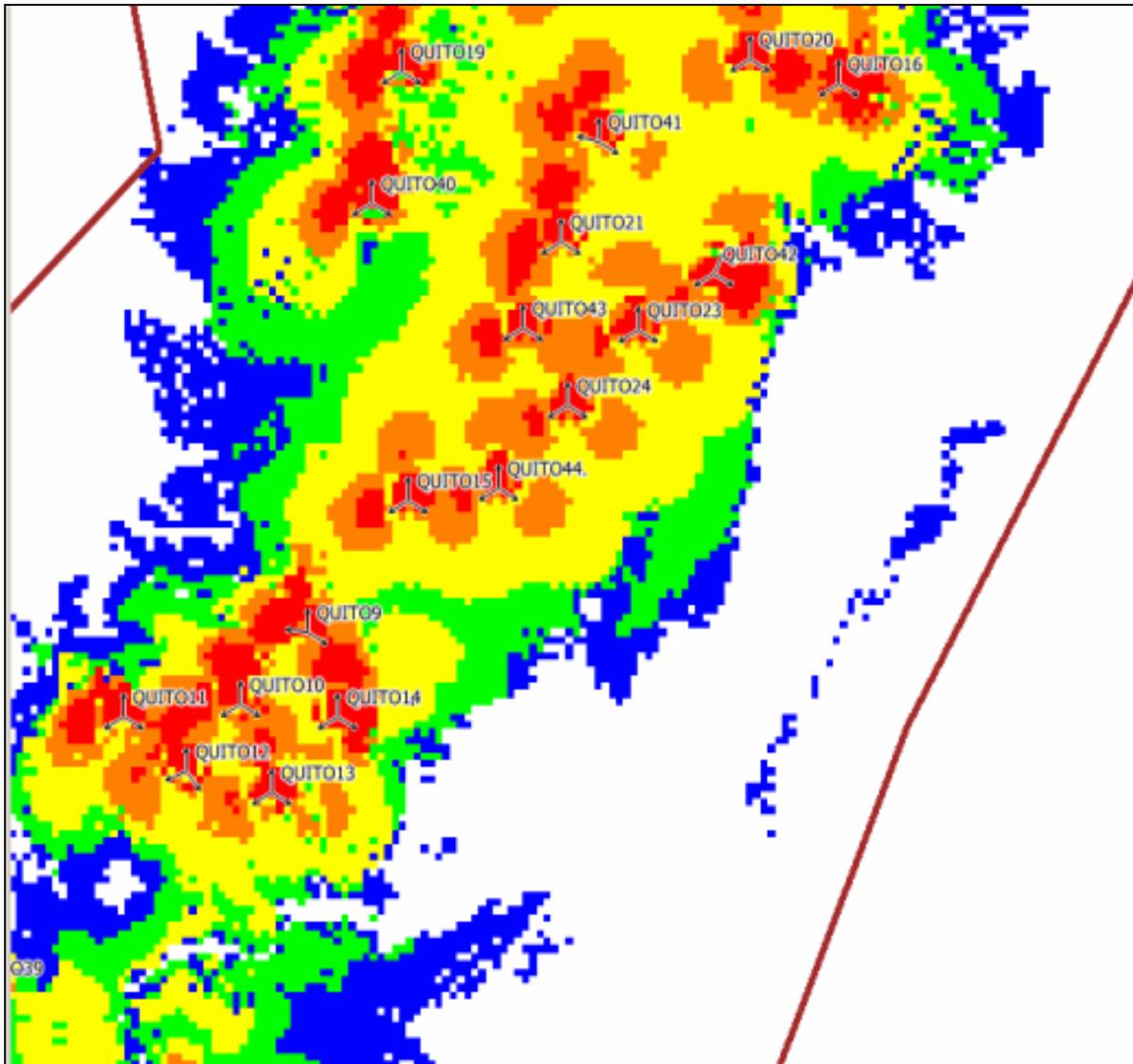
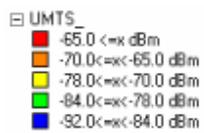


FIGURA A2.9 COBERTURA CIUDAD DE QUITO CENTRO



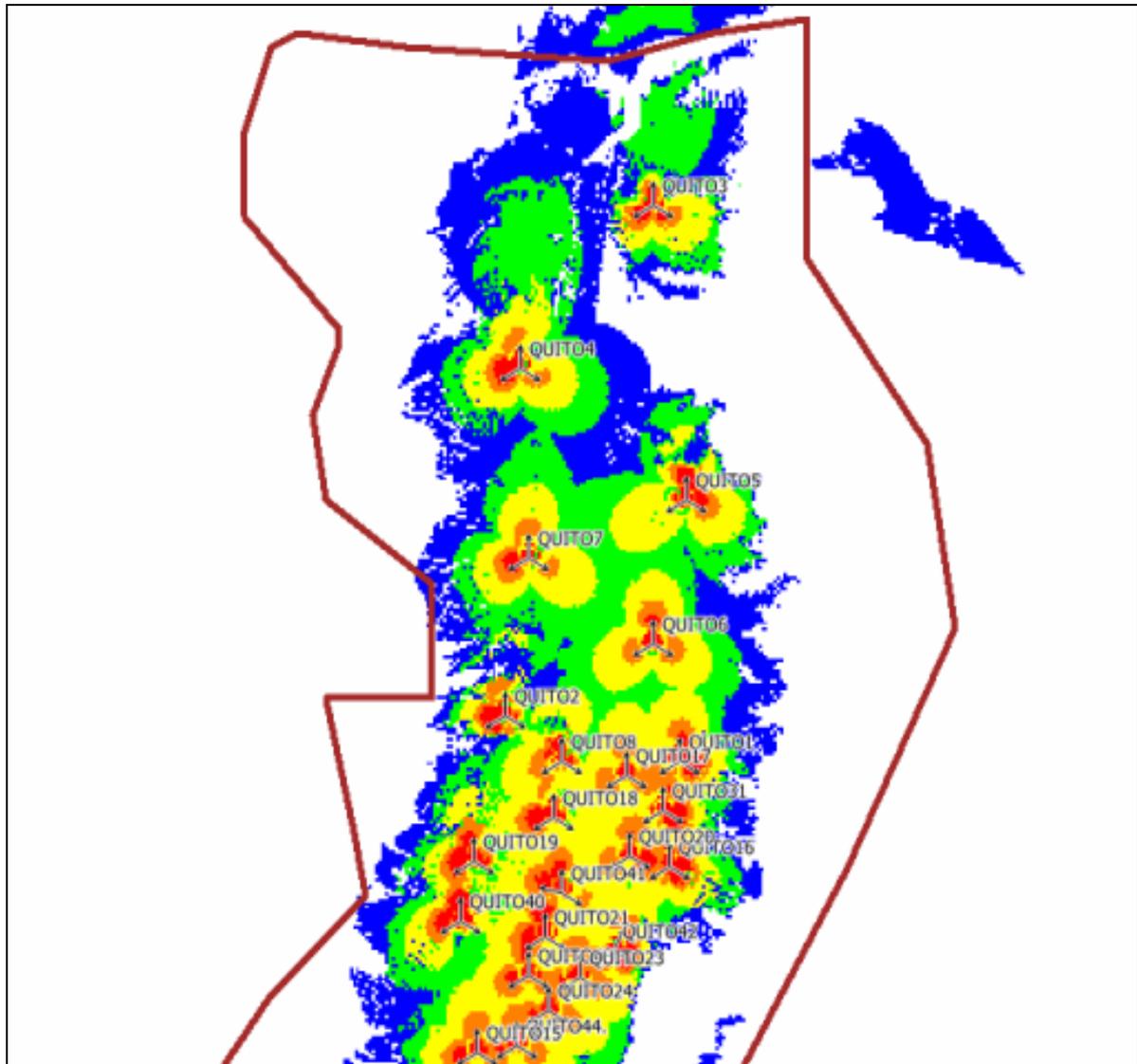
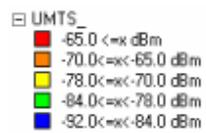


FIGURA A2.10 COBERTURA CIUDAD DE QUITO NORTE



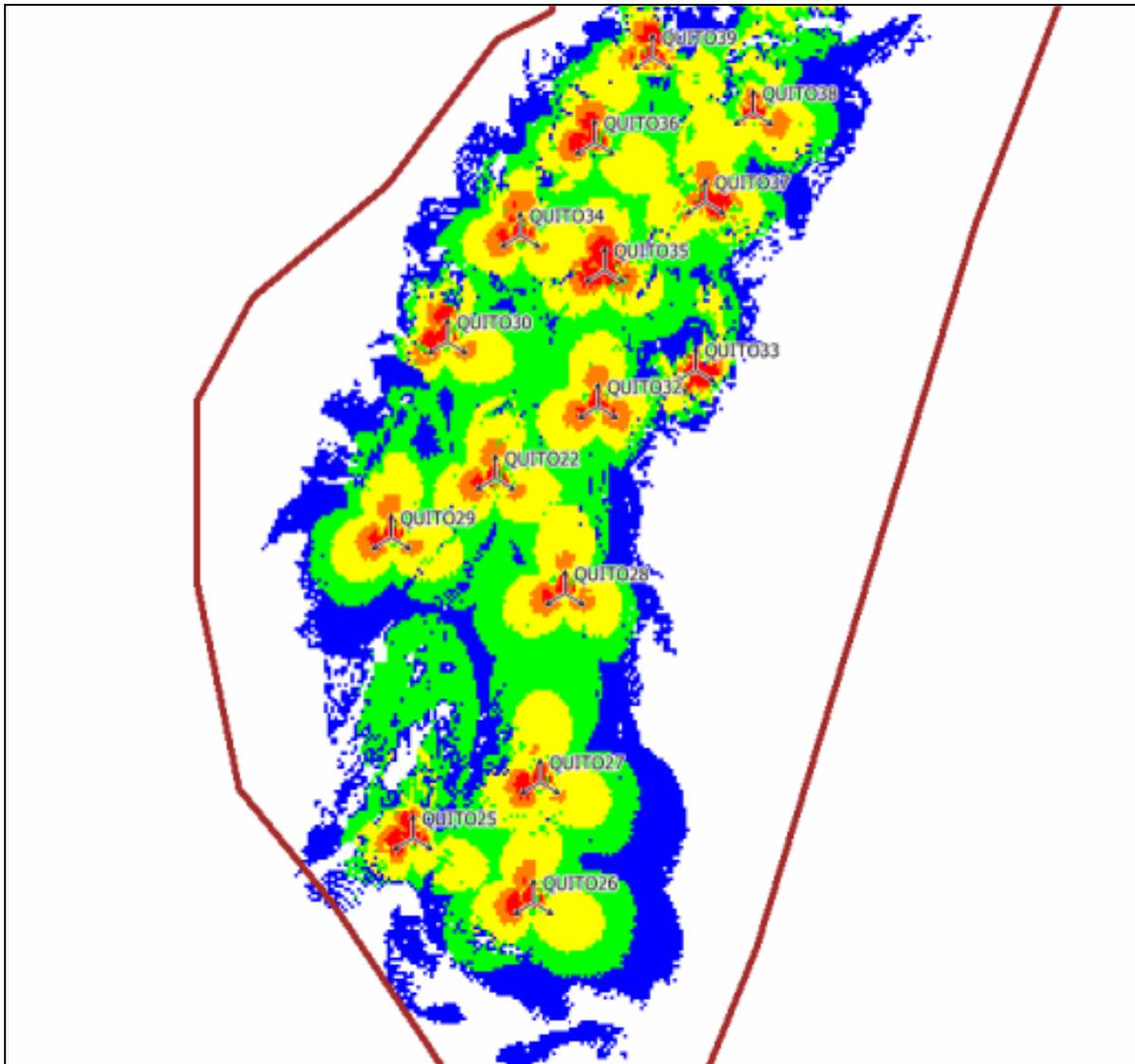


FIGURA A2.11 COBERTURA CIUDAD DE QUITO SUR



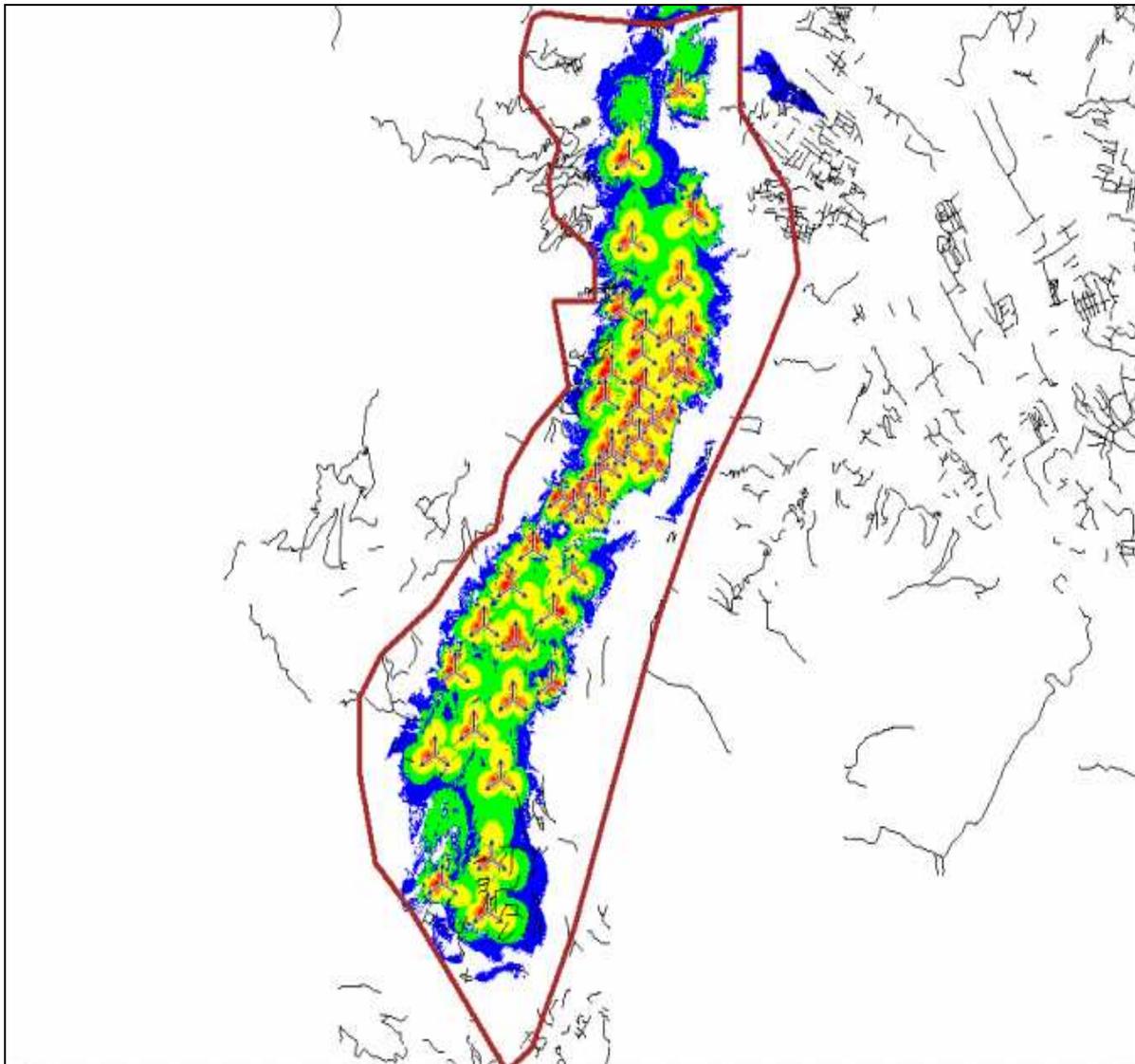


FIGURA A2.12 COBERTURA CIUDAD DE QUITO TOTAL

- UMTS
- -65.0 <= x dBm
- -70.0 <= x < -65.0 dBm
- -78.0 <= x < -70.0 dBm
- -84.0 <= x < -78.0 dBm
- -92.0 <= x < -84.0 dBm

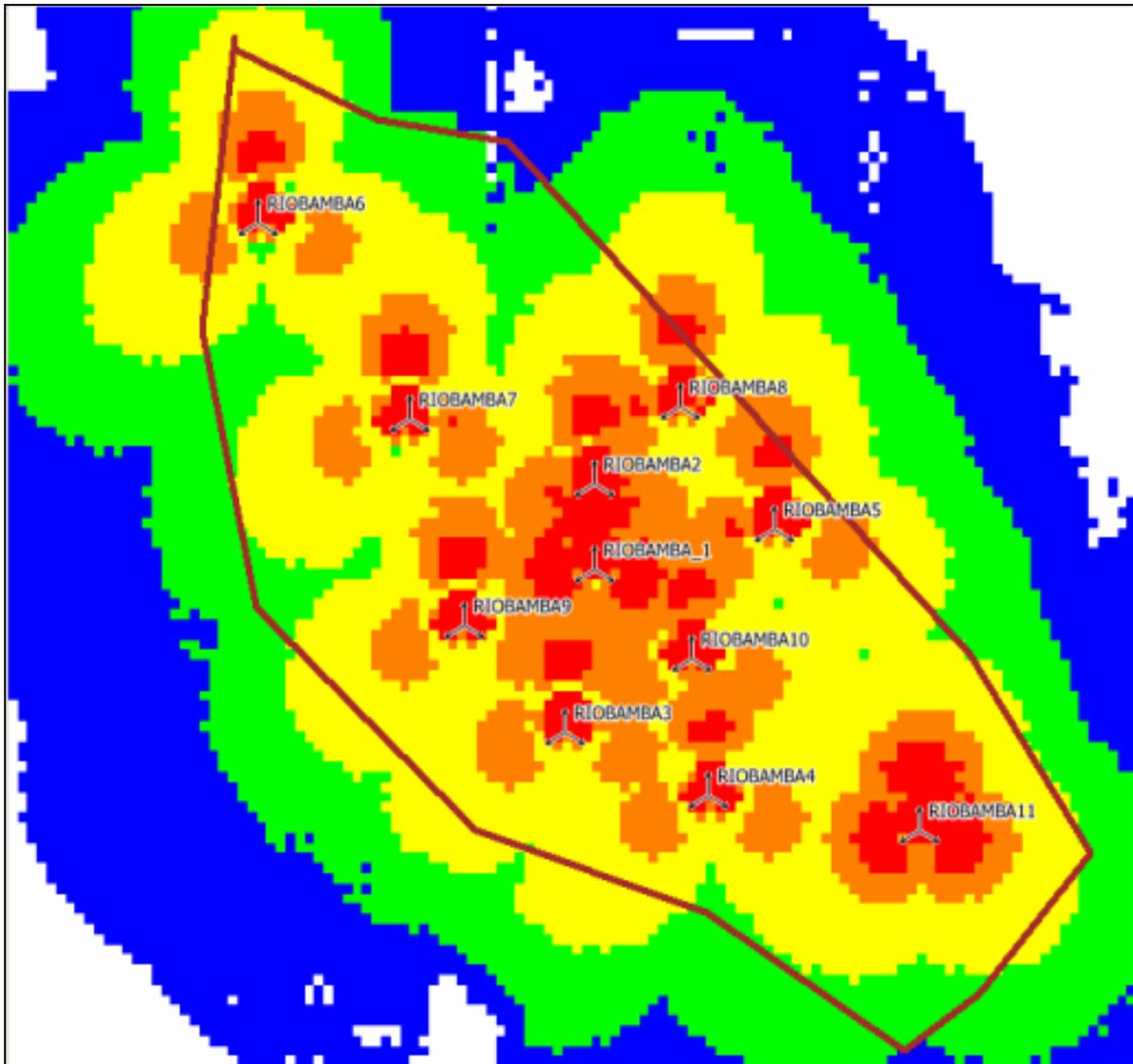
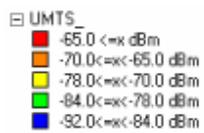


FIGURA A2.13 COBERTURA CIUDAD DE RIOBAMBA



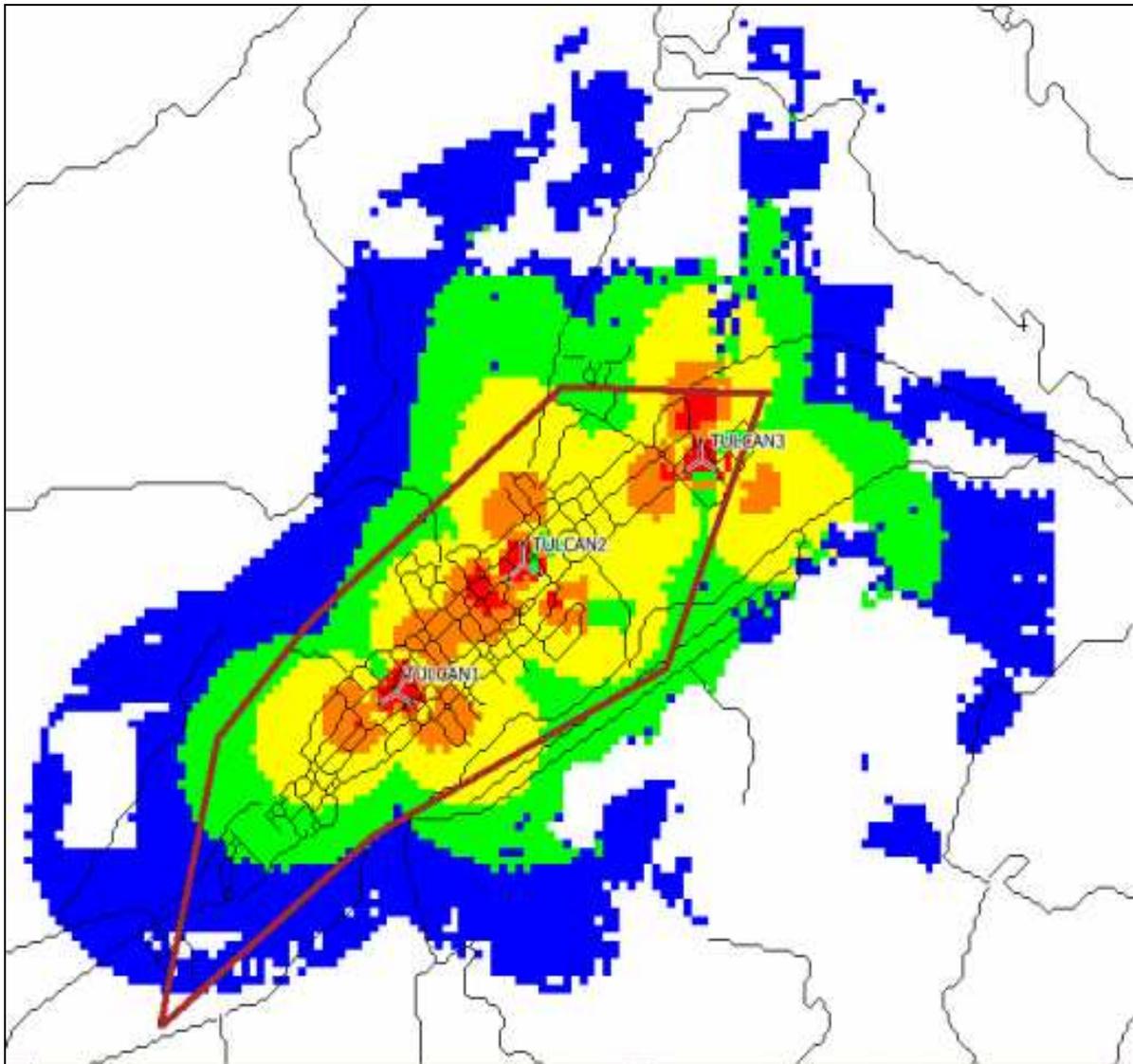


FIGURA A2.14 CIUDAD DE TULCAN

- UMTS
- -65.0 <= x dBm
- -70.0 <= x < -65.0 dBm
- -78.0 <= x < -70.0 dBm
- -84.0 <= x < -78.0 dBm
- -92.0 <= x < -84.0 dBm

ANEXO 3

REPORTE UBICACIÓN TENTATIVA DE LOS SITIOS

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
AMBATO1	078°37'8.81"W	01°13'42.71"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO1	078°37'8.81"W	01°13'42.71"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO1	078°37'8.81"W	01°13'42.71"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO10	078°37'26.17"W	01°14'20.02"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO10	078°37'26.17"W	01°14'20.02"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO10	078°37'26.17"W	01°14'20.02"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO11	078°36'52.99"W	01°13'54.28"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO11	078°36'52.99"W	01°13'54.28"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO11	078°36'52.99"W	01°13'54.28"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO12	078°37'21.08"W	01°14'0.72"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO12	078°37'21.08"W	01°14'0.72"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO12	078°37'21.08"W	01°14'0.72"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO13	078°37'51.68"W	01°14'57.30"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO13	078°37'51.68"W	01°14'57.30"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO13	078°37'51.68"W	01°14'57.30"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO14	078°37'15.91"W	01°15'15.27"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO14	078°37'15.91"W	01°15'15.27"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO14	078°37'15.91"W	01°15'15.27"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO15	078°37'5.75"W	01°14'44.37"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO15	078°37'5.75"W	01°14'44.37"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO15	078°37'5.75"W	01°14'44.37"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO16	078°36'42.73"W	01°15'55.03"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO16	078°36'42.73"W	01°15'55.03"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO16	078°36'42.73"W	01°15'55.03"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO17	078°38'13.51"W	01°14'14.86"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO17	078°38'13.51"W	01°14'14.86"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO17	078°38'13.51"W	01°14'14.86"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO2	078°36'35.72"W	01°12'51.00"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO2	078°36'35.72"W	01°12'51.00"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO2	078°36'35.72"W	01°12'51.00"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO3	078°37'23.60"W	01°15'54.39"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO3	078°37'23.60"W	01°15'54.39"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO3	078°37'23.60"W	01°15'54.39"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO4	078°37'43.52"W	01°14'36.08"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO4	078°37'43.52"W	01°14'36.08"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO4	078°37'43.52"W	01°14'36.08"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO5	078°38'3.37"W	01°15'19.44"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO5	078°38'3.37"W	01°15'19.44"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO5	078°38'3.37"W	01°15'19.44"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO6	078°36'58.82"W	01°14'19.38"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO6	078°36'58.82"W	01°14'19.38"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO6	078°36'58.82"W	01°14'19.38"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO7	078°37'26.95"W	01°14'59.40"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO7	078°37'26.95"W	01°14'59.40"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO7	078°37'26.95"W	01°14'59.40"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO8	078°38'15.02"W	01°13'47.78"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
AMBATO8	078°38'15.02"W	01°13'47.78"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO8	078°38'15.02"W	01°13'47.78"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
AMBATO9	078°38'14.96"W	01°15'4.45"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
AMBATO9	078°38'14.96"W	01°15'4.45"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
AMBATO9	078°38'14.96"W	01°15'4.45"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA1	079°00'7.21"W	02°54'22.36"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA1	079°00'7.21"W	02°54'22.36"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA1	079°00'7.21"W	02°54'22.36"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA10	079°00'33.53"W	02°53'43.84"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA10	079°00'33.53"W	02°53'43.84"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA10	079°00'33.53"W	02°53'43.84"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA11	079°00'35.25"W	02°53'21.25"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA11	079°00'35.25"W	02°53'21.25"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA11	079°00'35.25"W	02°53'21.25"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA12	079°00'11.12"W	02°53'12.84"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA12	079°00'11.12"W	02°53'12.84"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA12	079°00'11.12"W	02°53'12.84"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA13	079°00'0.26"W	02°53'37.92"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA13	079°00'0.26"W	02°53'37.92"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA13	079°00'0.26"W	02°53'37.92"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA14	078°59'2.06"W	02°53'14.38"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA14	078°59'2.06"W	02°53'14.38"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA14	078°59'2.06"W	02°53'14.38"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA2	079°00'47.38"W	02°54'9.32"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA2	079°00'47.38"W	02°54'9.32"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA2	079°00'47.38"W	02°54'9.32"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA3	079°00'53.45"W	02°53'40.06"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA3	079°00'53.45"W	02°53'40.06"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA3	079°00'53.45"W	02°53'40.06"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA4	079°00'13.32"W	02°53'28.89"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA4	079°00'13.32"W	02°53'28.89"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA4	079°00'13.32"W	02°53'28.89"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA5	078°59'46.18"W	02°53'57.10"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA5	078°59'46.18"W	02°53'57.10"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA5	078°59'46.18"W	02°53'57.10"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA6	078°59'48.25"W	02°53'22.79"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA6	078°59'48.25"W	02°53'22.79"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA6	078°59'48.25"W	02°53'22.79"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA7	079°00'57.66"W	02°53'58.10"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA7	079°00'57.66"W	02°53'58.10"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA7	079°00'57.66"W	02°53'58.10"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA8	079°00'30.15"W	02°54'9.77"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA8	079°00'30.15"W	02°54'9.77"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
CUENCA8	079°00'30.15"W	02°54'9.77"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
CUENCA9	079°00'1.06"W	02°54'5.52"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
CUENCA9	079°00'1.06"W	02°54'5.52"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
CUENCA9	079°00'1.06"W	02°54'5.52"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE1	079°54'23.18"W	02°07'37.60"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE1	079°54'23.18"W	02°07'37.60"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE1	079°54'23.18"W	02°07'37.60"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE10	079°53'31.09"W	02°13'39.38"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE10	079°53'31.09"W	02°13'39.38"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE10	079°53'31.09"W	02°13'39.38"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE11	079°55'5.63"W	02°12'35.07"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE11	079°55'5.63"W	02°12'35.07"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE11	079°55'5.63"W	02°12'35.07"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE12	079°54'59.58"W	02°11'42.93"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE12	079°54'59.58"W	02°11'42.93"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE12	079°54'59.58"W	02°11'42.93"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE13	079°54'26.02"W	02°12'16.64"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE13	079°54'26.02"W	02°12'16.64"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE13	079°54'26.02"W	02°12'16.64"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE14	079°55'51.69"W	02°03'56.91"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE14	079°55'51.69"W	02°03'56.91"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE14	079°55'51.69"W	02°03'56.91"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE15	079°49'21.41"W	02°09'0.15"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE15	079°49'21.41"W	02°09'0.15"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE15	079°49'21.41"W	02°09'0.15"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE16	079°49'45.81"W	02°09'15.51"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE16	079°49'45.81"W	02°09'15.51"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE16	079°49'45.81"W	02°09'15.51"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE17	079°50'16.26"W	02°09'27.81"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE17	079°50'16.26"W	02°09'27.81"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE17	079°50'16.26"W	02°09'27.81"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE18	079°53'9.91"W	02°11'39.79"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE18	079°53'9.91"W	02°11'39.79"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE18	079°53'9.91"W	02°11'39.79"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE19	079°56'0.54"W	02°12'59.63"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE19	079°56'0.54"W	02°12'59.63"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE19	079°56'0.54"W	02°12'59.63"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE2	079°53'52.65"W	02°08'32.77"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE2	079°53'52.65"W	02°08'32.77"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE2	079°53'52.65"W	02°08'32.77"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE20	079°56'31.08"W	02°12'1.40"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE20	079°56'31.08"W	02°12'1.40"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE20	079°56'31.08"W	02°12'1.40"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE21	079°54'29.09"W	02°13'5.69"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE21	079°54'29.09"W	02°13'5.69"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE21	079°54'29.09"W	02°13'5.69"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE22	079°52'54.33"W	02°11'17.60"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE22	079°52'54.33"W	02°11'17.60"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE22	079°52'54.33"W	02°11'17.60"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
GYE23	079°56'17.91"W	02°13'22.99"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE23	079°56'17.91"W	02°13'22.99"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE23	079°56'17.91"W	02°13'22.99"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE24	079°56'21.24"W	02°12'46.65"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE24	079°56'21.24"W	02°12'46.65"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE24	079°56'21.24"W	02°12'46.65"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE25	079°56'4.82"W	02°12'11.96"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE25	079°56'4.82"W	02°12'11.96"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE25	079°56'4.82"W	02°12'11.96"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE26	079°55'27.04"W	02°13'6.44"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE26	079°55'27.04"W	02°13'6.44"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE26	079°55'27.04"W	02°13'6.44"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE27	079°55'36.90"W	02°12'28.45"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE27	079°55'36.90"W	02°12'28.45"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE27	079°55'36.90"W	02°12'28.45"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE28	079°55'32.02"W	02°11'38.88"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE28	079°55'32.02"W	02°11'38.88"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE28	079°55'32.02"W	02°11'38.88"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE29	079°54'59.17"W	02°12'8.59"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE29	079°54'59.17"W	02°12'8.59"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE29	079°54'59.17"W	02°12'8.59"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE3	079°53'22.17"W	02°09'0.33"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE3	079°53'22.17"W	02°09'0.33"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE3	079°53'22.17"W	02°09'0.33"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE30	079°54'21.38"W	02°12'38.29"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE30	079°54'21.38"W	02°12'38.29"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE30	079°54'21.38"W	02°12'38.29"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE31	079°54'13.19"W	02°11'53.71"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE31	079°54'13.19"W	02°11'53.71"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE31	079°54'13.19"W	02°11'53.71"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE32	079°53'40.38"W	02°11'25.61"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE32	079°53'40.38"W	02°11'25.61"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE32	079°53'40.38"W	02°11'25.61"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE33	079°53'37.08"W	02°12'16.80"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE33	079°53'37.08"W	02°12'16.80"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE33	079°53'37.08"W	02°12'16.80"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE34	079°53'30.47"W	02°12'59.75"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE34	079°53'30.47"W	02°12'59.75"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE34	079°53'30.47"W	02°12'59.75"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE35	079°53'5.89"W	02°11'55.32"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE35	079°53'5.89"W	02°11'55.32"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE35	079°53'5.89"W	02°11'55.32"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE36	079°53'22.45"W	02°08'28.81"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE36	079°53'22.45"W	02°08'28.81"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE36	079°53'22.45"W	02°08'28.81"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE37	079°53'19.24"W	02°07'12.81"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
GYE37	079°53'19.24"W	02°07'12.81"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE37	079°53'19.24"W	02°07'12.81"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE38	079°53'56.94"W	02°07'59.11"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE38	079°53'56.94"W	02°07'59.11"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE38	079°53'56.94"W	02°07'59.11"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE39	079°53'2.77"W	02°07'46.79"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE39	079°53'2.77"W	02°07'46.79"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE39	079°53'2.77"W	02°07'46.79"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE4	079°53'46.61"W	02°07'25.30"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE4	079°53'46.61"W	02°07'25.30"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE4	079°53'46.61"W	02°07'25.30"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE40	079°54'47.95"W	02°04'9.89"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE40	079°54'47.95"W	02°04'9.89"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE40	079°54'47.95"W	02°04'9.89"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE41	079°54'3.63"W	02°04'26.37"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE41	079°54'3.63"W	02°04'26.37"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE41	079°54'3.63"W	02°04'26.37"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE42	079°54'49.57"W	02°04'56.13"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE42	079°54'49.57"W	02°04'56.13"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE42	079°54'49.57"W	02°04'56.13"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE43	079°54'10.17"W	02°05'12.62"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE43	079°54'10.17"W	02°05'12.62"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE43	079°54'10.17"W	02°05'12.62"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE44	079°56'23.09"W	02°06'18.78"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE44	079°56'23.09"W	02°06'18.78"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE44	079°56'23.09"W	02°06'18.78"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE45	079°56'1.69"W	02°07'59.52"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE45	079°56'1.69"W	02°07'59.52"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE45	079°56'1.69"W	02°07'59.52"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE46	079°54'59.27"W	02°08'20.61"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE46	079°54'59.27"W	02°08'20.61"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE46	079°54'59.27"W	02°08'20.61"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE47	079°54'29.69"W	02°08'56.93"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE47	079°54'29.69"W	02°08'56.93"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE47	079°54'29.69"W	02°08'56.93"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE48	079°56'6.55"W	02°09'28.39"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE48	079°56'6.55"W	02°09'28.39"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE48	079°56'6.55"W	02°09'28.39"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE49	079°55'37.02"W	02°09'1.93"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE49	079°55'37.02"W	02°09'1.93"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE49	079°55'37.02"W	02°09'1.93"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE5	079°53'15.90"W	02°12'31.93"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE5	079°53'15.90"W	02°12'31.93"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE5	079°53'15.90"W	02°12'31.93"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE50	079°54'52.66"W	02°09'25.02"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE50	079°54'52.66"W	02°09'25.02"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
GYE50	079°54'52.66"W	02°09'25.02"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE51	079°54'24.73"W	02°10'2.05"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE51	079°54'24.73"W	02°10'2.05"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE51	079°54'24.73"W	02°10'2.05"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE52	079°54'3.41"W	02°09'42.21"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE52	079°54'3.41"W	02°09'42.21"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE52	079°54'3.41"W	02°09'42.21"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE53	079°53'33.83"W	02°10'18.53"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE53	079°53'33.83"W	02°10'18.53"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE53	079°53'33.83"W	02°10'18.53"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE54	079°52'47.86"W	02°10'23.44"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE54	079°52'47.86"W	02°10'23.44"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE54	079°52'47.86"W	02°10'23.44"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE55	079°54'4.89"W	02°13'40.97"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE55	079°54'4.89"W	02°13'40.97"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE55	079°54'4.89"W	02°13'40.97"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE56	079°53'28.73"W	02°14'17.28"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE56	079°53'28.73"W	02°14'17.28"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE56	079°53'28.73"W	02°14'17.28"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE57	079°53'43.46"W	02°15'5.19"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE57	079°53'43.46"W	02°15'5.19"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE57	079°53'43.46"W	02°15'5.19"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE58	079°52'55.84"W	02°15'0.21"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE58	079°52'55.84"W	02°15'0.21"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE58	079°52'55.84"W	02°15'0.21"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE59	079°53'7.29"W	02°15'58.02"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE59	079°53'7.29"W	02°15'58.02"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE59	079°53'7.29"W	02°15'58.02"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE6	079°54'26.06"W	02°11'27.57"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE6	079°54'26.06"W	02°11'27.57"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE6	079°54'26.06"W	02°11'27.57"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE60	079°55'0.79"W	02°06'49.86"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE60	079°55'0.79"W	02°06'49.86"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE60	079°55'0.79"W	02°06'49.86"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE61	079°56'27.62"W	02°11'7.82"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE61	079°56'27.62"W	02°11'7.82"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE61	079°56'27.62"W	02°11'7.82"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE62	079°55'46.83"W	02°05'5.26"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE62	079°55'46.83"W	02°05'5.26"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE62	079°55'46.83"W	02°05'5.26"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE7	079°53'19.00"W	02°11'3.00"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE7	079°53'19.00"W	02°11'3.00"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE7	079°53'19.00"W	02°11'3.00"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
GYE8	079°53'40.33"W	02°11'55.15"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE8	079°53'40.33"W	02°11'55.15"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE8	079°53'40.33"W	02°11'55.15"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
GYE9	079°53'49.42"W	02°12'41.14"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
GYE9	079°53'49.42"W	02°12'41.14"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
GYE9	079°53'49.42"W	02°12'41.14"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
IBARRA_10	078°07'8.66"W	00°22'53.92"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_10	078°07'8.66"W	00°22'53.92"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_10	078°07'8.66"W	00°22'53.92"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_12	078°07'8.67"W	00°22'18.98"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_12	078°07'8.67"W	00°22'18.98"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_12	078°07'8.67"W	00°22'18.98"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_4	078°07'8.69"W	00°21'8.20"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_4	078°07'8.69"W	00°21'8.20"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_4	078°07'8.69"W	00°21'8.20"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_5	078°07'29.53"W	00°21'36.15"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_5	078°07'29.53"W	00°21'36.15"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_5	078°07'29.53"W	00°21'36.15"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_6	078°06'56.54"W	00°21'23.91"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_6	078°06'56.54"W	00°21'23.91"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_6	078°06'56.54"W	00°21'23.91"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_7	078°07'37.35"W	00°21'9.93"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_7	078°07'37.35"W	00°21'9.93"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_7	078°07'37.35"W	00°21'9.93"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_8	078°07'13.03"W	00°20'34.11"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_8	078°07'13.03"W	00°20'34.11"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_8	078°07'13.03"W	00°20'34.11"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA_9	078°07'14.73"W	00°23'10.54"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA_9	078°07'14.73"W	00°23'10.54"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA_9	078°07'14.73"W	00°23'10.54"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA1	078°07'41.73"W	00°22'4.55"N	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
IBARRA1	078°07'41.73"W	00°22'4.55"N	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
IBARRA1	078°07'41.73"W	00°22'4.55"N	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
IBARRA-11	078°07'7.79"W	00°22'36.45"N	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
IBARRA-11	078°07'7.79"W	00°22'36.45"N	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
IBARRA-11	078°07'7.79"W	00°22'36.45"N	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
IBARRA2	078°07'23.94"W	00°21'18.68"N	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
IBARRA2	078°07'23.94"W	00°21'18.68"N	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
IBARRA2	078°07'23.94"W	00°21'18.68"N	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
IBARRA3	078°07'0.62"W	00°20'54.05"N	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
IBARRA3	078°07'0.62"W	00°20'54.05"N	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
IBARRA3	078°07'0.62"W	00°20'54.05"N	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA1	079°12'8.29"W	03°58'33.21"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA1	079°12'8.29"W	03°58'33.21"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA1	079°12'8.29"W	03°58'33.21"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA2	079°12'6.46"W	03°59'8.50"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA2	079°12'6.46"W	03°59'8.50"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA2	079°12'6.46"W	03°59'8.50"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA3	079°12'6.40"W	03°59'38.51"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
LOJA3	079°12'6.40"W	03°59'38.51"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA3	079°12'6.40"W	03°59'38.51"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA4	079°12'6.32"W	04°00'12.04"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA4	079°12'6.32"W	04°00'12.04"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA4	079°12'6.32"W	04°00'12.04"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA5	079°11'50.48"W	03°58'55.51"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA5	079°11'50.48"W	03°58'55.51"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA5	079°11'50.48"W	03°58'55.51"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA6	079°12'21.86"W	03°58'53.59"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA6	079°12'21.86"W	03°58'53.59"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA6	079°12'21.86"W	03°58'53.59"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA7	079°12'25.71"W	03°59'25.14"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA7	079°12'25.71"W	03°59'25.14"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA7	079°12'25.71"W	03°59'25.14"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
LOJA8	079°11'48.44"W	03°59'25.06"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
LOJA8	079°11'48.44"W	03°59'25.06"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
LOJA8	079°11'48.44"W	03°59'25.06"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO1	078°28'15.89"W	00°10'4.33"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO1	078°28'15.89"W	00°10'4.33"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO1	078°28'15.89"W	00°10'4.33"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO10	078°30'35.11"W	00°13'5.59"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO10	078°30'35.11"W	00°13'5.59"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO10	078°30'35.11"W	00°13'5.59"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO11	078°31'0.96"W	00°13'7.91"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO11	078°31'0.96"W	00°13'7.91"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO11	078°31'0.96"W	00°13'7.91"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO12	078°30'47.06"W	00°13'19.33"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO12	078°30'47.06"W	00°13'19.33"S	741415	30.00 m	142	60.5	7.5
QUITO12	078°30'47.06"W	00°13'19.33"S	741415	30.00 m	248	60.5	7.5
QUITO13	078°30'27.93"W	00°13'23.88"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO13	078°30'27.93"W	00°13'23.88"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO13	078°30'27.93"W	00°13'23.88"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO14	078°30'13.42"W	00°13'7.90"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO14	078°30'13.42"W	00°13'7.90"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO14	078°30'13.42"W	00°13'7.90"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO15	078°29'57.56"W	00°12'22.67"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO15	078°29'57.56"W	00°12'22.67"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO15	078°29'57.56"W	00°12'22.67"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO16	078°28'21.12"W	00°10'54.86"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO16	078°28'21.12"W	00°10'54.86"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO16	078°28'21.12"W	00°10'54.86"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO17	078°28'42.30"W	00°10'10.97"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO17	078°28'42.30"W	00°10'10.97"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO17	078°28'42.30"W	00°10'10.97"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO18	078°29'19.30"W	00°10'30.96"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO18	078°29'19.30"W	00°10'30.96"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
QUITO18	078°29'19.30"W	00°10'30.96"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO19	078°29'58.93"W	00°10'52.24"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO19	078°29'58.93"W	00°10'52.24"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO19	078°29'58.93"W	00°10'52.24"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO2	078°29'43.10"W	00°09'43.06"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO2	078°29'43.10"W	00°09'43.06"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO2	078°29'43.10"W	00°09'43.06"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO20	078°28'40.97"W	00°10'49.56"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO20	078°28'40.97"W	00°10'49.56"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO20	078°28'40.97"W	00°10'49.56"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO21	078°29'23.24"W	00°11'28.13"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO21	078°29'23.24"W	00°11'28.13"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO21	078°29'23.24"W	00°11'28.13"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO22	078°32'53.82"W	00°17'21.35"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO22	078°32'53.82"W	00°17'21.35"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO22	078°32'53.82"W	00°17'21.35"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO23	078°29'6.07"W	00°11'46.77"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO23	078°29'6.07"W	00°11'46.77"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO23	078°29'6.07"W	00°11'46.77"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO24	078°29'21.91"W	00°12'2.72"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO24	078°29'21.91"W	00°12'2.72"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO24	078°29'21.91"W	00°12'2.72"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO25	078°33'34.96"W	00°20'9.01"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO25	078°33'34.96"W	00°20'9.01"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO25	078°33'34.96"W	00°20'9.01"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO26	078°32'35.86"W	00°20'39.65"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO26	078°32'35.86"W	00°20'39.65"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO26	078°32'35.86"W	00°20'39.65"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO27	078°32'32.29"W	00°19'42.83"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO27	078°32'32.29"W	00°19'42.83"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO27	078°32'32.29"W	00°19'42.83"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO28	078°32'19.77"W	00°18'14.87"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO28	078°32'19.77"W	00°18'14.87"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO28	078°32'19.77"W	00°18'14.87"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO29	078°33'44.85"W	00°17'48.73"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO29	078°33'44.85"W	00°17'48.73"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO29	078°33'44.85"W	00°17'48.73"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO3	078°28'29.75"W	00°05'40.32"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO3	078°28'29.75"W	00°05'40.32"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO3	078°28'29.75"W	00°05'40.32"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO30	078°33'18.01"W	00°16'17.61"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO30	078°33'18.01"W	00°16'17.61"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO30	078°33'18.01"W	00°16'17.61"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO31	078°28'24.78"W	00°10'28.15"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO31	078°28'24.78"W	00°10'28.15"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO31	078°28'24.78"W	00°10'28.15"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
QUITO32	078°32'3.66"W	00°16'48.25"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO32	078°32'3.66"W	00°16'48.25"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO32	078°32'3.66"W	00°16'48.25"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO33	078°31'16.18"W	00°16'31.12"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO33	078°31'16.18"W	00°16'31.12"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO33	078°31'16.18"W	00°16'31.12"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO34	078°32'42.17"W	00°15'28.01"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO34	078°32'42.17"W	00°15'28.01"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO34	078°32'42.17"W	00°15'28.01"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO35	078°32'0.99"W	00°15'44.24"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO35	078°32'0.99"W	00°15'44.24"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO35	078°32'0.99"W	00°15'44.24"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO36	078°32'5.46"W	00°14'44.72"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO36	078°32'5.46"W	00°14'44.72"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO36	078°32'5.46"W	00°14'44.72"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO37	078°31'11.74"W	00°15'12.67"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO37	078°31'11.74"W	00°15'12.67"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO37	078°31'11.74"W	00°15'12.67"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO38	078°30'47.57"W	00°14'31.21"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO38	078°30'47.57"W	00°14'31.21"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO38	078°30'47.57"W	00°14'31.21"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO39	078°31'37.70"W	00°14'5.05"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO39	078°31'37.70"W	00°14'5.05"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO39	078°31'37.70"W	00°14'5.05"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO4	078°29'36.00"W	00°06'57.80"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO4	078°29'36.00"W	00°06'57.80"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO4	078°29'36.00"W	00°06'57.80"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO40	078°30'5.52"W	00°11'20.16"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO40	078°30'5.52"W	00°11'20.16"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO40	078°30'5.52"W	00°11'20.16"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO41	078°29'14.93"W	00°11'7.01"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO41	078°29'14.93"W	00°11'7.01"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO41	078°29'14.93"W	00°11'7.01"S	741415	30.00 m	284	60.5	7.5
QUITO42	078°28'49.20"W	00°11'34.86"S	741415	30.00 m	27	60.5	7.5
QUITO42	078°28'49.20"W	00°11'34.86"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO42	078°28'49.20"W	00°11'34.86"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO43	078°29'31.67"W	00°11'46.19"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO43	078°29'31.67"W	00°11'46.19"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO43	078°29'31.67"W	00°11'46.19"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO44.	078°29'37.29"W	00°12'20.00"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO44.	078°29'37.29"W	00°12'20.00"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO44.	078°29'37.29"W	00°12'20.00"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO5	078°28'12.64"W	00°08'0.20"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO5	078°28'12.64"W	00°08'0.20"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO5	078°28'12.64"W	00°08'0.20"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO6	078°28'29.73"W	00°09'9.05"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
QUITO6	078°28'29.73"W	00°09'9.05"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO6	078°28'29.73"W	00°09'9.05"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO7	078°29'31.70"W	00°08'28.16"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO7	078°29'31.70"W	00°08'28.16"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO7	078°29'31.70"W	00°08'28.16"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO8	078°29'15.27"W	00°10'4.24"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO8	078°29'15.27"W	00°10'4.24"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO8	078°29'15.27"W	00°10'4.24"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
QUITO9	078°30'19.72"W	00°12'50.10"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
QUITO9	078°30'19.72"W	00°12'50.10"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
QUITO9	078°30'19.72"W	00°12'50.10"S	741415	30.00 m	278	60.5	7.5
RIOBAMBA_1	078°38'52.01"W	01°39'59.03"S	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
RIOBAMBA_1	078°38'52.01"W	01°39'59.03"S	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
RIOBAMBA_1	078°38'52.01"W	01°39'59.03"S	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
RIOBAMBA10	078°38'35.53"W	01°40'13.46"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA10	078°38'35.53"W	01°40'13.46"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA10	078°38'35.53"W	01°40'13.46"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA11	078°37'56.95"W	01°40'40.95"S	741415	30.00 m	0	90.5	8.5
RIOBAMBA11	078°37'56.95"W	01°40'40.95"S	741415	30.00 m	120	90.5	8.5
RIOBAMBA11	078°37'56.95"W	01°40'40.95"S	741415	30.00 m	240	90.5	8.5
RIOBAMBA2	078°38'51.80"W	01°39'45.49"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA2	078°38'51.80"W	01°39'45.49"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA2	078°38'51.80"W	01°39'45.49"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA3	078°38'56.79"W	01°40'25.17"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA3	078°38'56.79"W	01°40'25.17"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA3	078°38'56.79"W	01°40'25.17"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA4	078°38'32.53"W	01°40'35.29"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA4	078°38'32.53"W	01°40'35.29"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA4	078°38'32.53"W	01°40'35.29"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA5	078°38'21.49"W	01°39'52.55"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA5	078°38'21.49"W	01°39'52.55"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA5	078°38'21.49"W	01°39'52.55"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA6	078°39'48.73"W	01°39'3.68"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA6	078°39'48.73"W	01°39'3.68"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA6	078°39'48.73"W	01°39'3.68"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA7	078°39'23.11"W	01°39'34.92"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA7	078°39'23.11"W	01°39'34.92"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA7	078°39'23.11"W	01°39'34.92"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA8	078°38'37.42"W	01°39'33.01"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA8	078°38'37.42"W	01°39'33.01"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA8	078°38'37.42"W	01°39'33.01"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
RIOBAMBA9	078°39'13.92"W	01°40'8.01"S	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
RIOBAMBA9	078°39'13.92"W	01°40'8.01"S	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
RIOBAMBA9	078°39'13.92"W	01°40'8.01"S	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
TULCAN1	077°43'8.35"W	00°48'45.12"N	741415	30.00 m	33	60.5	7.5
TULCAN1	077°43'8.35"W	00°48'45.12"N	741415	30.00 m	120	60.5	7.5

ID Sitio	Longitud	Latitud	Modelo Antena	Altura Antena	Azimut	Apertura Horiz	Apertura Vert
TULCAN1	077°43'8.35"W	00°48'45.12"N	741415	30.00 m	240	60.5	7.5
TULCAN2	077°42'42.97"W	00°49'9.71"N	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
TULCAN2	077°42'42.97"W	00°49'9.71"N	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
TULCAN2	077°42'42.97"W	00°49'9.71"N	741415	30.00 m	225	60.5	7.5
TULCAN3	077°42'7.07"W	00°49'29.36"N	741415	30.00 m	0	60.5	7.5
TULCAN3	077°42'7.07"W	00°49'29.36"N	741415	30.00 m	120	60.5	7.5
TULCAN3	077°42'7.07"W	00°49'29.36"N	741415	30.00 m	240	60.5	7.5

TABLA N°A3.1: REPORTE UBICACIÓN CONFIGURACIÓN DE SITIOS

ANEXO 4

ANTENAS DISPONIBLES EN EL MERCADO PARA UMTS

ANTENAS DISPONIBLES EN EL MERCADO PARA UMTS

Los proveedores ponen a disposición el siguiente rango de antenas.

NOMBRE	UMTS			POLARIZACIÓN	BANDA DE FRECUENCIA			TILT (UMTS)	
	ANCHO DEL LÓBULO HORIZONTAL	ANCHO DEL LÓBULO VERTICAL	GANANCIA dBi		UMTS	GSM 900	GSM 1800	MECÁNICO	ELÉCTRICO
K 739 489	65°	30°	12.5	X-POL	X		X	2°	
K 741 794	65°	6.5°	18.5	X-POL	X		X	2°	
K 742 211	65°	13°	15.5	X-POL	X		X		0 - 10°
K 742 212	65°	6.5°	18	X-POL	X		X		0 - 8°
K 741 784	65°	6.5°	18	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 213	65°	4.5°	19.5	X-POL	X		X		0 - 6°
K 741 989	85°	6.5°	17	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 218	45°	6.5°	20	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 219	45°	4.5°	21	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 351	30°	6.5°	21	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 233	65°	13°	15.5	X-POL	X		X		0 - 10°
	65°	14°	15.5	X-POL	X		X		0 - 10°
K 742 234	65°	6.5°	18.5	X-POL	X		X		0 - 8°
	65°	7°	18.5	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 235	65°	4.5°	19.5	X-POL	X		X		0 - 6°
	65°	5°	19.5	X-POL	X		X		0 - 6°
K 742 352	85°	6.5°	17	X-POL	X		X		0 - 8°
	85°	7°	17	X-POL	X		X		0 - 8°
K 742 264	65°	15°	14.5	X-POL	X	X	X		0 - 14°
	65°	7°	17.5	X-POL	X	X	X		0 - 8°
K 742 265	65°	9°	16	X-POL	X	X	X		2 - 8°
	65°	6°	18.5	X-POL	X	X	X		0 - 6°
K 742 266	65°	7°	17	X-POL	X	X	X		2 - 8°
	65°	6°	18.5	X-POL	X	X	X		0 - 6°
K 742 270	65°	15°	14.5	X-POL	X	X	X		0 - 14°
	67°	7.5°	16.5	X-POL	X	X	X		0 - 6°
	63°	7°	17	X-POL	X	X	X		0 - 6°
K 742 271	65°	9°	16	X-POL	X	X	X		2 8°
	67°	6°	17.5	X-POL	X	X	X		0 - 6°
	63°	7°	18	X-POL	X	X	X		0 - 6°
K 742 790	360°	7°	11	VERTICAL	X				
K 741 415	60°	8°	17.5	VERTICAL	X				
K 741 786	120°	8°	14.5	VERTICAL	X				
K 738 454	360°	78°	2	VERTICAL	X		X		
K 738 445	65°		5	VERTICAL	X				
K 742 289	90°	60°	7	VERTICAL	X	X	X		
	90°	70°	7	VERTICAL	X	X	X		
K 741 571	360° INDOOR		2	VERTICAL	X	X	X		

NOMBRE	UMTS			POLARIZACIÓN	BANDA DE FRECUENCIA			TILT (UMTS)	
	ANCHO DEL LÓBULO HORIZONTAL	ANCHO DEL LÓBULO VERTICAL	GANANCIA dBi		UMTS	GSM 900	GSM 1800	MECÁNICO	ELÉCTRICO
K 741 572	360° INDOOR		2	VERTICAL	X	X	X		
K 742 149	90° INDOOR		7	VERTICAL	X	X	X		
K 471 573	360° INDOOR		2	VERTICAL	X		X		
APX 20651 3-T0	65°	13.5°	14.8	X-POL	X				
APX 20651 5-T6	65°	6.5°	16.5	X-POL	X			6°	
APX 20651 5-T2	65°	6.5°	17	X-POL	X			2°	
APX 20651 6-T6	65°	4°	18.5	X-POL	X			6°	
APX 20651 6-T2	65°	4°	19	X-POL	X			2°	
APXV2065 15	65°	6.5°	16.5	X-POL	X			2° - 8°	
APXV2065 16	65°	4°	18	X-POL	X				

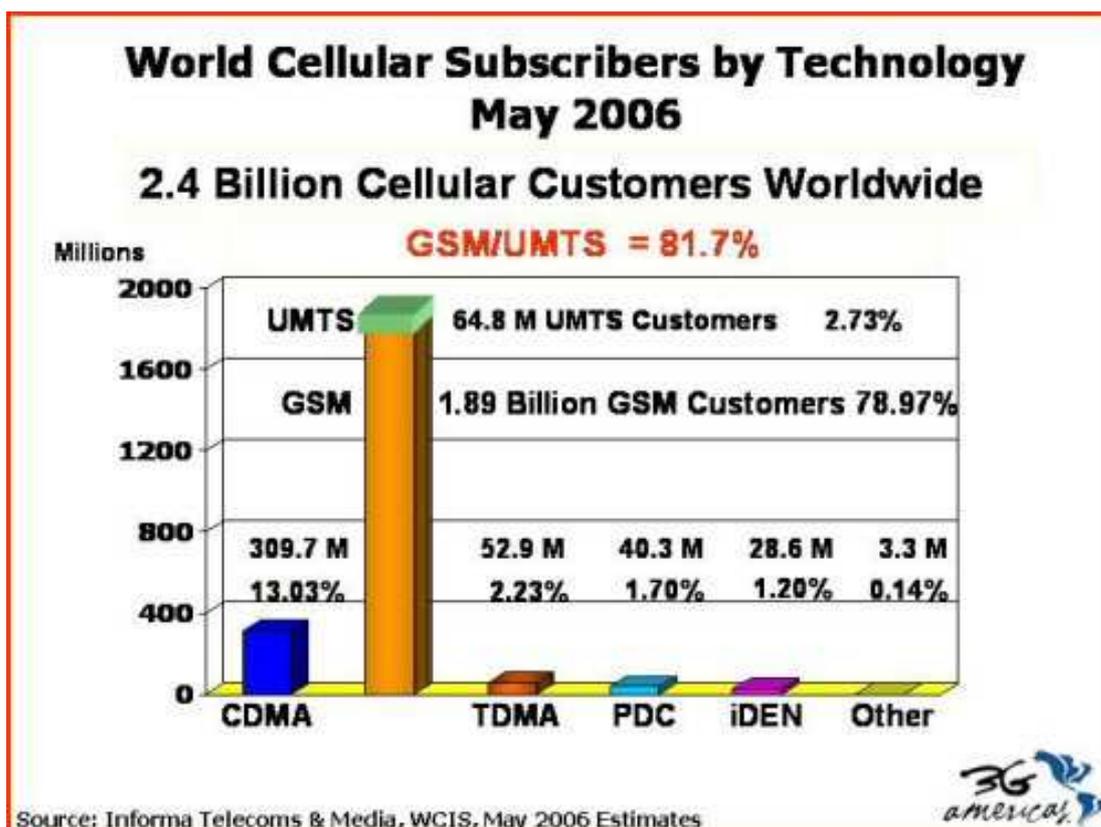
ANEXO 5

FACTOR DE PENETRACIÓN UMTS

FACTOR DE PENETRACIÓN UMTS

El presente documento trata sobre la penetración que la tecnología UMTS tiene en el mundo, para tener una idea cuantos usuarios se pueden asumir en un diseño UMTS.

La figura N°A5.1 muestra los actuales usuarios de tecnología celular en el mundo con su porcentaje de distribución para cada uno de los tipos de Tecnología.



FUENTE: WWW.3GAMERICAS.COM

FIGURA A5.1: USUARIOS CELULARES A NIVEL MUNDIAL POR TECNOLOGÍA.

De acuerdo a la gráfica UMTS representa el 0.003 % de lo que es GSM a nivel mundial en cuanto a cantidad de mercado en número de usuarios.

Ahora, los índices de crecimiento de ambas tecnologías UMTS y GSM se muestran en la figura N°A5.2.

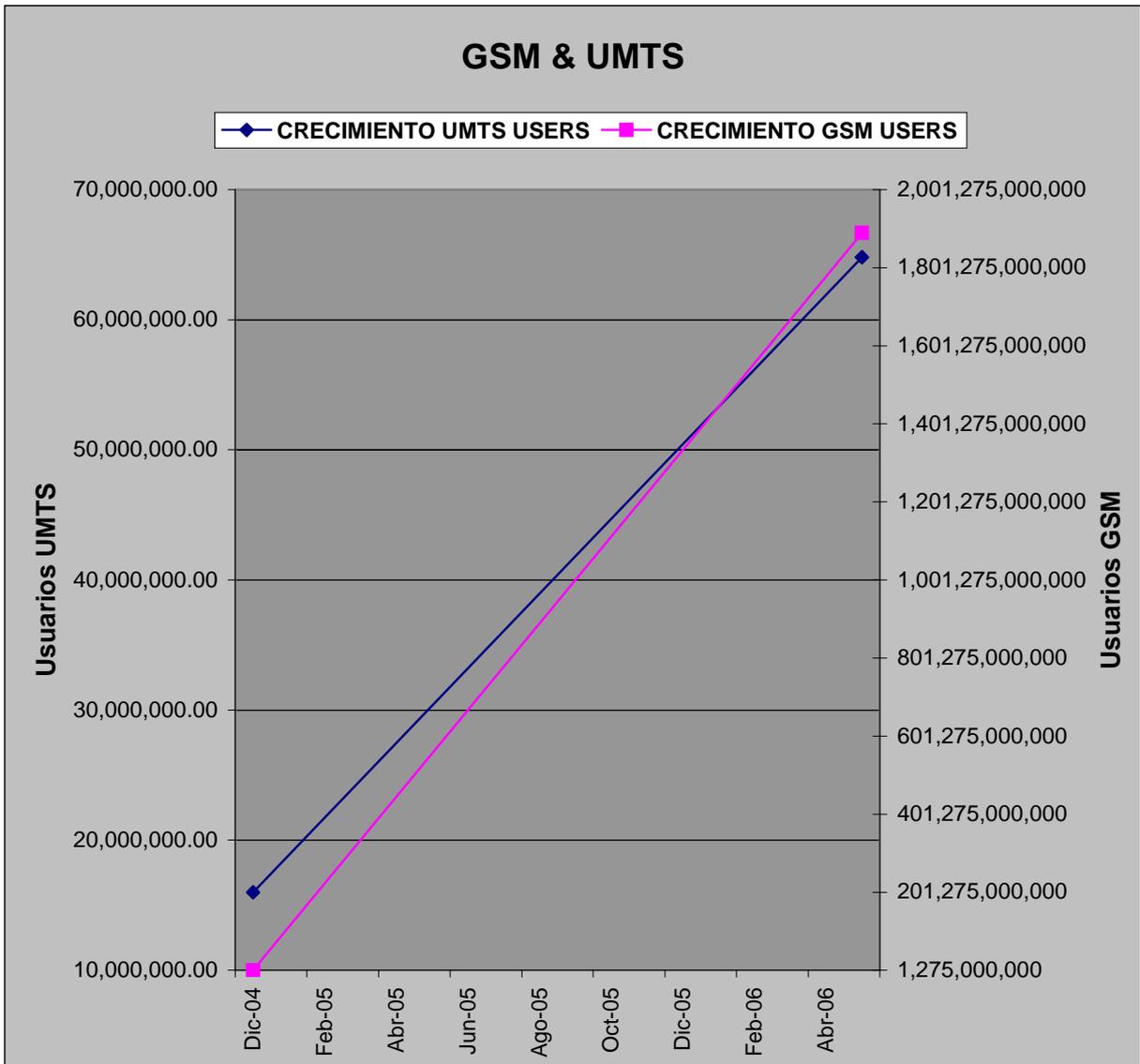


FIGURA N°A5.2: CRECIMIENTO NUMERO DE USUARIOS POR TECNOLOGÍA.

De los datos mostrados se puede deducir que el crecimiento de UMTS es de aproximadamente 4.05 veces en los dos últimos 2 años, y, el de GSM es de 1482.35 veces en los dos últimos 2 años.

Según datos de la la Superintendencia de Telecomunicaciones los usuarios GSM a Mayo del 2006 en el Ecuador son: 5349818.

Si estrictamente decidieramos aplicar el porcentaje mundial de UMTS en comparación con GSM con los usuarios GSM de nuestro país tendríamos:

$$\text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{actuales})} = \text{USUARIOS GSM ACTUALES} * 0.00003$$

$$\text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{actuales})} = 5349818 * 0.00003$$

$$\text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{actuales})} = 160.5 \approx 161 \text{ usuarios}$$

Como podemos ver tampoco se puede aplicar estrictamente la penetración de la tecnología a nivel mundial para nuestra red. Incluso con el factor de crecimiento de densidad de usuarios, ya que a dos años, tendríamos:

$$\text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{a 2 años})} = \text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{actuales})} * 4.05$$

$$\text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{a 2 años})} = 161 * 4.05$$

$$\text{POSIBLES USUARIOS UMTS}_{(\text{a 2 años})} = 652.5.$$

Conclusiones:

- Es imprescindible realizar un dimensionamiento del Mercado Objetivo Particular, en este caso el Ecuador, para decidir el número de usuarios posibles de la red UMTS
- Alcanzar la meta de la mitad de usuarios GSM en la fase de lanzamiento de la red resulta complicado, pero es útil ya que esto permite al diseño tener mayor capacidad de en los próximos años de funcionamiento de la misma.

ANEXO 6

HOJAS DE DATOS DE LOS EQUIPOS

NODE B

1 GENERAL INFORMATION

1.1 NODEB REFERENCE SENSITIVITY LEVEL

In 3GPP specification TS 25.104 v3.7.0 a reference sensitivity level and performance of the NodeB receiver is defined for a specified measurement channel. The NodeB reference sensitivity level shall be computed as reported in [1] for a voice channel at 12.2 kbps and the BER shall not exceed 0.001, using the following formula:

$$P_{Rx} [dBm] = N_0 [dBm/Hz] + 10 \log(R_b [Hz]) + E_b/N_0 [dB] + NF [dB] + M [dB]$$

where

N_0 is the thermal noise power spectral density (-174 dBm/Hz);

R_b is the signal bandwidth (12.2 kHz);

E_b/N_0 is the E_b/N_0 required to obtain BER=0.001 and derived from simulations;

NF is the Noise Figure of the receiving end;

M is for hardware margin (to cope with jumpers, feeder and connector losses).

According to computation performed in [2] and [3] the reference sensitivity level shall be better than -121 dBm.

For our purposes the same computation shall be performed considering the E_b/N_0 value resulting from ARIB simulations and using NF values for the NodeB receiving end. E_b/N_0 for the reference measurement channel in a vehicular environment is equal to 6.1 dB according to [4], whereas NF values depends on the equipment performance. From the previous formula we get:

$$NF [dB] + M [dB] = P_{Rx} [dBm] - (N_0 [dBm/Hz] + 10 \log(R_b [Hz]) + E_b/N_0 [dB])$$

$$NF [dB] + M [dB] = -121 - (-174 + 40.9 + 6.1) = 6 [dB]$$

This means that we have a margin of 6 dB for receiving end noise figure and other losses (e.g., feeder, jumpers and connector losses) in order to be compliant with 3GPP specification.

1.2 NOTES ON RECEIVING END NOISE FIGURE CALCULATION

Each stage of the receiving end is characterized by an its own value of Noise Figure (NF) or equivalently Noise Factor (F) if not expressed in dB. When computing the Noise Figure of the overall receiving end the following formula (Friis' formula) applies to determine the overall Noise Factor:

$$F_{Tot} = F_{1 \rightarrow N} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_N - 1}{\prod_{i=1}^{N-1} G_i}$$

where F_i and G_i (not expressed in dB) respectively are the Noise Factor and the gain of each stage of the receiving end. Consequently, the overall Noise Figure is:

$$NF_{Tot} = 10\log(F_{Tot})$$

For passive elements the following identity applies:

$$F_i = A_i = \frac{1}{G_i}$$

where A_i is the attenuation not expressed in dB. So, in case the first stage of the receiving end is a passive element (for instance, a feeder or a jumper), we can re-write Friis' formula as follows:

$$\begin{aligned} F_{Tot} = F_{1 \rightarrow N} &= F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_N - 1}{\prod_{i=1}^{N-1} G_i} = F_1 + F_1 \cdot (F_2 - 1) + F_1 \cdot \left(\frac{F_3 - 1}{G_2} \right) + \dots + F_1 \cdot \left(\frac{F_N - 1}{\prod_{i=2}^{N-1} G_i} \right) = \\ &= F_1 \cdot \left(1 + F_2 - 1 + \frac{F_3 - 1}{G_2} + \dots + \frac{F_N - 1}{\prod_{i=2}^{N-1} G_i} \right) = F_1 \cdot \left(F_2 + \frac{F_3 - 1}{G_2} + \dots + \frac{F_N - 1}{\prod_{i=2}^{N-1} G_i} \right) = F_1 \cdot F_{2 \rightarrow N} \end{aligned}$$

that expressed in dB becomes:

$$NF_{Tot} = A_1 \Big|_{dB} + NF_{2 \rightarrow N}$$

In this case the overall Noise Figure of the receiving system can be computed by summing first stage losses to the overall Noise Figure of the system after the first stage.

**FUENTE: DOCUMENTO- SIEMENS: NOTES+ON+TTA+USAGE+IN+A+UMTS+NETWORK.DOC*

HELIAX®

Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

VXL5-50

Extra flexible coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX (Wideband from 0.5-4900 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	No
Weight lb/ft (kg/m)	0.29 (0.43)
Tensile Strength lb (kg)	225.00 (102.00)
Flat Plate Crush Strength lb/in (kg/mm)	80.00 (1.40)
Minimum Bending Radius in (mm)	5.00 (125.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	12.00 (16.30)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (40.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	4.90
Velocity percentage	88.00
Peak Power Rating (kW)	90.00
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.82 (2.69)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.36 (1.18)
Cable Test Voltage (VDC)	6000.00
Jacket Spark volts (RMS)	8000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	22.60 (74.10)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Construction Materials

Dielectric Type	Foam Dielectric, Extra Flexible
Dielectric Material	Polyethylene Foam
Jacket Color	Black
Jacket Description	Polyethylene
Jacket Material	Polyethylene
Outer Conductor Material	Corrugated Copper
Inner Conductor Material	Corrugated Copper Tube

Dimensions

Diameter Over Jacket in (mm)	1.08 (27.40)
Outer Conductor Outside Diameter in (mm)	0.98 (24.90)
Outer Conductor Inside Diameter in (mm)	0.96 (24.40)
Inner Conductor Outside Diameter in (mm)	0.37 (9.40)
Inner Conductor Inside Diameter in (mm)	0.35 (8.90)

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 05/26/2006

www.andrew.com

HELIAX®

Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

VXL5-50

Extra flexible coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX (Wideband from 0.5-4900 MHz)

CHARACTERISTICS

General Specifications

Cable Grade	Standard
NEC Classification Type	N/A
Nominal Size (inches)	7/8

Connectors

Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
V5E78	7/8 EIA Flange	N/A	Captivated	Standard
V5PDF-RPC	7-16 DIN Female	One Piece	Captivated	Plated
V5PDM-RPC	7-16 DIN Male	One Piece	Captivated	Plated
V5PNF-RPC	N Female	One Piece	Captivated	Plated
V5PNM-RPC	N Male	One Piece	Captivated	Plated
V5PDF-T	7-16 DIN Female			Plated
V5PDM-T	7-16 DIN Male			Plated
V5PDR-RPC	7-16 DIN Male	One Piece	Captivated	Plated
V5PNF-T	N Female			Plated
V5PNM	N Male		Solder	Plated
V5PNM-T	N Male			Plated
V5TDF-PS	7-16 DIN Female	Ring Flare	Captivated	Plated
V5TDM-PS	7-16 DIN Male	Ring Flare	Captivated	Plated

Customer Support Center:
 From North America: 1-800-255-1479
 International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 05/26/2006

HELIAX[®]

Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

VXL5-50

Extra flexible coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX (Wideband from 0.5-4900 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.027	0.089	90
1	0.038	0.126	68.5
1.5	0.047	0.154	55.9
2	0.054	0.178	48.4
10	0.122	0.402	21.5
20	0.174	0.571	15.1
30	0.214	0.702	12.3
50	0.278	0.911	9.47
88	0.372	1.22	7.07
100	0.397	1.3	6.62
108	0.413	1.36	6.36
150	0.491	1.61	5.36
174	0.53	1.74	4.96
200	0.571	1.87	4.61
300	0.707	2.32	3.72
400	0.825	2.71	3.19
450	0.878	2.88	2.99
500	0.93	3.05	2.83
512	0.942	3.09	2.79
600	1.03	3.37	2.56
700	1.12	3.66	2.36
800	1.2	3.94	2.19
824	1.22	4.01	2.16
894	1.28	4.19	2.06
960	1.33	4.36	1.98
1000	1.36	4.46	1.94
1250	1.54	5.05	1.71
1500	1.71	5.6	1.54
1700	1.83	6.01	1.44
1800	1.89	6.21	1.39
2000	2.01	6.59	1.31
2100	2.07	6.78	1.27
2200	2.12	6.97	1.24

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 05/26/2006

HELIAX[®]

Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

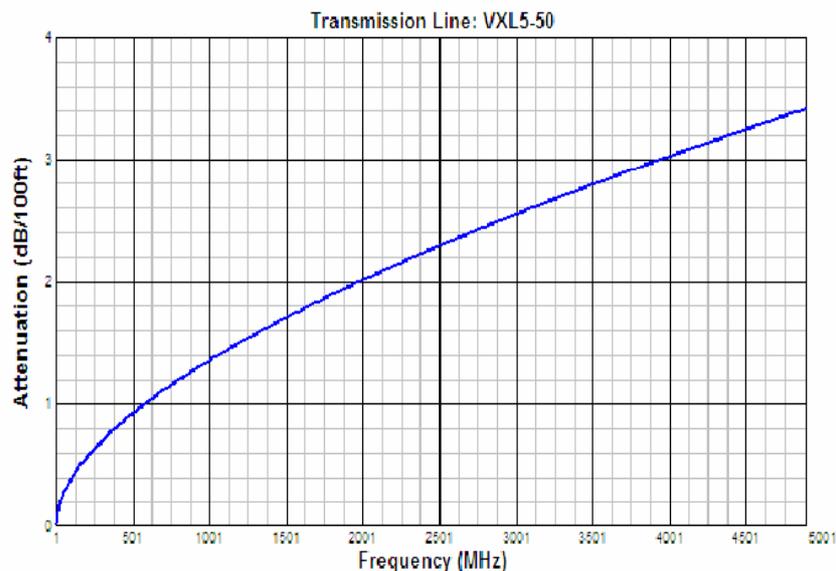
VXL5-50

Extra flexible coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX (Wideband from 0.5-4900 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
2300	2.18	7.15	1.21
3000	2.54	8.35	1.04
3400	2.74	8.99	0.961
4000	3.02	9.9	0.873
4900	3.41	11.2	0.772



Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479

International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 05/26/2006

HELIAX[®]

Connectors



PRODUCT SPECIFICATION

V5E78

Connector, 7/8 EIA Flange for 7/8 foam HELIAX (VXL5-series), silver plated body and gold plated pin with captivated inner contact and self-flaring outer contact

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Inner Attachment Method	Captivated
Outer Attachment Method	Self-Flare

Construction Materials

Body Material	Silver Plated
Pin Material	Gold Plated

General Specifications

Connector Type	7/8 EIA Flange
Connector Mates To	7/8 EIA Flange
Special Characteristics	N/A
Connector Grade	Standard
SureFlex Connector	No

Transmission Lines

VXL5-50	7/8" 50 ohm HELIAX extra flexible foam coaxial cable
VXL5P-50-40	7/8" 50 ohm HELIAX extra flexible premium foam coaxial cable
VXL5P-50-41	7/8" 50 ohm HELIAX extra flexible premium foam coaxial cable
VXL5RN-50	7/8" 50 ohm HELIAX extra flexible foam coaxial cable, fire retardant jacket (CATVR)

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.
Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 05/26/2006

F-Panel
Vertical Polarization
Half-power Beam Width

1920–2170

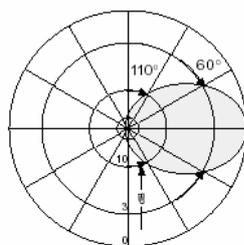
V

60°

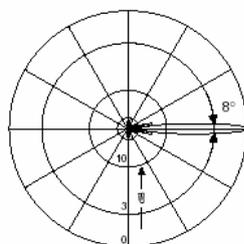
KATHREIN
 Antennen · Electronic

VPOI F-Panel 1920–2170 60° 17.5dBi

Type No.	741 415
Frequency range	1920 – 2170 MHz
Polarization	Vertical
Gain	17.5 dBi
Half-power beam width	H-plane: 60° E-plane: 8°
Front-to-back ratio	> 25 dB
Impedance	50 Ω
VSWR	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc
Max. power	200 W (at 50 °C ambient temperature)



Horizontal Pattern



Vertical Pattern

Mechanical specifications

Input	7-16 female
Connector position*	Bottom or top
Weight	3.7 kg
Wind load	Frontal: 190 N (at 150 km/h) Lateral: 40 N (at 150 km/h) Rearside: 230 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	1084 x 172 x 62 mm
Height/width/depth	982 / 155 / 36 mm

*Inverted mounting:
 Connector position top: Change drain hole screw.

936_1563/c Subject to alteration.

F-Panels Harmony of Design and Technology

KATHREIN
Antennen · Electronic

Accessories (order separately)

Type No.	Description	Remarks	Material	Weight approx.	Units per antenna
734 360	2 clamps	Mast: 34 – 60 mm dia.	Stainless steel	60 g	1
734 361	2 clamps	Mast: 60 – 80 mm dia.	Stainless steel	70 g	1
734 362	2 clamps	Mast: 80 – 100 mm dia.	Stainless steel	80 g	1
734 363	2 clamps	Mast: 100 – 120 mm dia.	Stainless steel	90 g	1
734 364	2 clamps	Mast: 120 – 140 mm dia.	Stainless steel	110 g	1
734 365	2 clamps	Mast: 45 – 125 mm dia.	Stainless steel	80 g	1
738 546	1 clamp	Mast: 50 – 115 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	1.0 kg	2
850 10002	1 clamp	Mast: 110 – 220 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	2.7 kg	2
850 10003	1 clamp	Mast: 210 – 380 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	4.8 kg	2
732 318	1 downtilt kit	Downtilt angle: 0° – 14°	Stainless steel	1.0 kg	1
732 319	1 slant	For vertical alignment, compensation $\pm 1^\circ$.	Stainless steel	200 g	1

For downtilt mounting use the clamps for an appropriate mast diameter together with the downtilt kit.
Wall mounting: No additional mounting kit needed.

- Material:** **Reflector screen and radiator:** Copper.
Flat fiberglass radome: The max. radome depth is only 36 mm. Fiberglass material guarantees optimum performance with regards to stability, stiffness, UV resistance and painting. The colour of the radome is grey.
All screws and nuts: Stainless steel.
- Grounding:** The metal parts of the antenna including the mounting kit and the inner conductors are DC grounded.
- Environmental conditions:** Kathrein cellular antennas are designed to operate under the environmental conditions as described in ETS 300 019-1-4 class 4.1 E.
The antennas exceed this standard with regard to the following items:
– Low temperature: -55°C
– High temperature (dry): $+60^\circ\text{C}$
- Ice protection:** Due to the very sturdy antenna construction and the protection of the radiating system by the radome, the antenna remains operational even under icy conditions.
- Environmental tests:** Kathrein antennas have passed environmental tests as recommended in ETS 300 019-2-4. The homogenous design of Kathrein's antenna families use identical modules and materials. Extensive tests have been performed on typical samples and modules.

Please note: As a result of more stringent legal regulations and judgements regarding product liability, we are obliged to point out certain risks that may arise when products are used under extraordinary operating conditions.

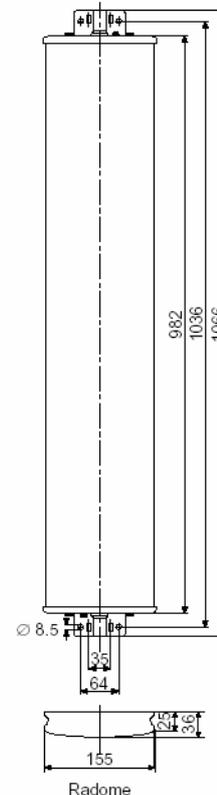
The mechanical design is based on the environmental conditions as stipulated in ETS 300 019-1-4, which includes the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. Extraordinary operating conditions, such as heavy icing or exceptional dynamic stress (e.g. strain caused by oscillating support structures), may result in the breakage of an antenna or even cause it to fall to the ground. These facts must be considered during the site planning process.

The installation team must be properly qualified and also be familiar with the relevant national safety regulations.

The details given in our data sheets have to be followed carefully when installing the antennas and accessories.

The limits for the coupling torque of RF-connectors, recommended by the connector manufacturers must be obeyed.

Any previous datasheet issues have now become invalid.



936, 156/3/c Subject to alteration.