



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

“ANÁLISIS DE LA MODERNIZACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DE UNA
RADIO BASE CELULAR UBICADA EN UNA URBANIZACIÓN DEL
CANTÓN DAULE UTILIZANDO TECNOLOGÍA SINGLE RAN”

AUTOR:

ANDRADE BAZÁN, EDGAR MAURICIO

TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

ING. RUILOVA AGUIRRE, MARIA LUZMILA

GUAYAQUIL, ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el señor **Edgar Mauricio Andrade Bazán**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCION EN GESTION EMPRESARIAL EN TELECOMUNICACIONES

DOCENTE TUTORA

ING. MARIA LUZMILA RUILOVA AGUIRRE

DOCENTE OPONENTE

ING. LUIS PALAU

DIRECTOR DE CARRERA

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ.

Guayaquil, Marzo del 2015.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Edgar Mauricio Andrade Bazán**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “**Análisis de la modernización del equipamiento de una radio base celular ubicada en una urbanización del cantón Daule utilizando tecnología Single RAN**”, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Marzo del 2015.

EL AUTOR

EDGAR MAURICIO ANDRADE BAZÁN



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Edgar Mauricio Andrade Bazán**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Análisis de la modernización del equipamiento de una radio base celular ubicada en una urbanización del cantón Daule utilizando tecnología Single RAN**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Marzo del 2015.

EL AUTOR:

EDGAR MAURICIO ANDRADE BAZÁN



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AGRADECIMIENTO

Como todo trabajo culminado es fruto del esfuerzo de muchas personas; en este momento quiero agradecer a todos los que me han permitido concluir este objetivo.

A Dios por permitirme luego de estos años de estudio un logro muy personal, fueron muchas horas de dedicación, por tener la suerte de tener una madre y un padre ejemplares que siempre me apoyaron con todo lo necesario, son la motivación de este triunfo y espero también con su ejemplo obrar en mi vida, me han educado y formado en todos los niveles; a mi hermana y a mi hermano que siempre estuvieron alentándome y brindándome su apoyo.

Agradezco a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por la formación recibida, a los profesores que impartieron sus conocimientos; otorgándome la experiencia para desarrollarme como un profesional dentro de mi área; además reconozco su calidad y porque es una de las universidades más importantes del país.

Edgar Mauricio Andrade Bazán



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DEDICATORIA

Principalmente quiero dedicar este trabajo a mis padres por enseñarme con el ejemplo, por permitirme cumplir un sueño, por mostrarme que siempre debes ir hacia adelante, que el trabajo trae sus recompensas, por creer en mí y brindarme todos los recursos para culminar la carrera universitaria, por el esfuerzo realizado para mis hermanos y mi persona; nosotros los hijos podemos retribuir solo con amor lo que lo nuestros padres hacen por nosotros.

Dedico a Dios esta ejecutoria por brindarme fortaleza, paciencia y perseverancia, que me demostró que luego de un esfuerzo con mucha pasión se puede lograr tu objetivo, que debemos ser íntegros como seres humanos en todos los aspectos para dejar huella en las personas que están a nuestro alrededor.

“El Señor es mi pastor, nada me falta. En prados de hierba fresca me hace descansar, me conduce junto a aguas tranquilas y renueva mis fuerzas. Me guía por la senda del bien haciendo honor a su nombre.”

Salmo 23:1-3

Edgar Mauricio Andrade Bazán



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CALIFICACIÓN

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento Del Problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Tipo de Investigación	5
1.5 Hipótesis	5
1.6 Metodología	6
CAPÍTULO 2:	7
MARCO TEÓRICO DE LA TELEFONIA MÓVIL	7
2.1 Compendio Histórico de las Comunicaciones por Radio	7
2.2 Desarrollo Inicial de la Telefonía Móvil	8
2.3 Digitalización de la Señal	9
2.4 Telefonía Celular de Primera Generación (1G)	12
2.5 Telefonía Móvil de Segunda Generación (2G)	13
2.5.1 GSM: Sistema Global Para Las Comunicaciones Móviles	14
2.5.2 Arquitectura de la red GSM	16
2.5.3 Elementos y Subsistemas GSM	16

2.6 GPRS (General Packet Radio Service) - 2.5 G	28
2.7 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) - 2.75 G	29
2.8 Telefonía Móvil 3G (Tercera Generación).....	30
2.8.1 Ventajas y desventajas de los servicios soportados por UMTS.....	34
2.8.2 Arquitectura de la red UMTS	36
2.8.3 Elementos y Subsistemas UMTS.....	37
2.9 HSPA y HSPA+.....	48
2.10 LTE	50
CAPÍTULO 3:	54
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS REDES SINGLE RAN.....	54
3.1 Convergencia de las Redes de Acceso de Radio.....	54
3.2 Radioenlaces Ethernet	56
3.3 Características de Diseño de un Radioenlace Ethernet.....	60
3.4 Radio enlace Ethernet Híbrido RTN (Huawei)	64
3.5 Equipos para Radiobase (Huawei).....	66
3.6 BBU – Unidad Central De Procesamiento En Banda Base.....	67
3.7 RRU – Unidad Remota de Radio.....	72
3.8 APM – Modulo de Energía Avanzado	72
CAPÍTULO 4:	74
ANALISIS Y REQUERIMIENTOS PARA MODERNIZAR UNA ESTACION BASE CON TECNOLOGIA SINGLE RAN	74
4.1 Reseña General.....	74
4.2 Elección de punto de recepción para el Enlace IP.....	76
4.3 Simulación Virtual del Radioenlace.....	77

4.4 Análisis de la capacidad de los sistemas eléctricos instalados	81
4.4.1 Sistema de Energía AC	82
4.4.2 Planta de Energía DC	83
4.5 Mejoras en el Espacio Físico.....	85
4.6 Modernización de equipos de la estación base.....	87
4.6.1 Equipos instalados actualmente operativos	88
4.6.2 Modernización y actualización de equipamiento.....	91
CAPITULO 5.....	93
CONCLUSIONES	93
CAPITULO 6.....	95
RECOMENDACIONES.....	95

RESUMEN

La tecnología de convergencia Single RAN permite una optimización de recursos en las radio bases, de fácil instalación y mantenimiento, con características de agregación según el crecimiento de la demanda y otorga una amortización futura con bajo costo financiero.

En años recientes se ha visto una nueva ola de convergencia de equipos de telecomunicaciones de parte de los fabricantes, que ofrecen a los operadores de todo el mundo una solución tecnológica acorde a suplir los requerimientos para las diferentes tecnologías de acceso móvil de sus redes.

En el presente trabajo de titulación se describe el análisis de la modernización de la red de acceso de radio de un operador de telefonía móvil y los retos que este enfrenta debido a la ascendente demanda de servicios de transmisión de datos para los usuarios de telefonía celular. Particularmente en un sector de la ciudad que por sus características de tipo económico – social representa para el operador un importante flujo de ingreso monetario puesto que estos usuarios tienen un perfil de alta necesidad de servicios de telecomunicaciones, ya que, - por ejemplo - la mayoría son clientes de planes postpago con uso de teléfonos inteligentes.

Palabras Claves: redes, tecnología, acceso, móvil, convergencia, modernización.

ABSTRACT

The Single RAN convergence technology allows an optimization of resources in the base stations, easy installation and maintenance, with characteristics of aggregation as the growth in demand and provides a future repayment with low financial cost.

Recent years have seen a new wave of convergence of telecommunications equipment from manufacturers, offering worldwide operators a consistent technological solution to meet the requirements for the different technologies of mobile access on their networks.

The current degree work describes the analysis of the improvement of the radio access network (RAN) of a mobile operator and the challenges it faces due to the increasing demand of data transmission to cell phone users. Specifically in a district of the city which by cause of their economic - social characteristics represents for the operator a significant flow of monetary income, since these users have a high need of telecommunications services profile, since - for example - most are costumers of pos payment plans with use of smart phones.

Keywords: networking, technology, access, mobile, convergence, modernization.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las redes de telefonía celular han cobrado gran importancia en los últimos años debido a que son el medio predominante de comunicación para la mayoría de la población. Como todos los servicios de telecomunicaciones, puede caer en saturación y congestión por la llegada de nuevos usuarios, por lo que es importante mantener el servicio operativo en las mejores condiciones y realizar las actualizaciones necesarias.

En el presente trabajo de titulación se analiza la modernización del equipamiento de una radio base celular ubicada en la urbanización del cantón Daule utilizando tecnología Single RAN, Con esto se logra una optimización de recursos técnicos y se evita solo implementar una tecnología al mismo tiempo con los recursos y desventajas que aquello conlleva.

En el capítulo 1 se analiza la pertinencia y metodología de la investigación a realizar. En el capítulo 2 se incluye como un compendio el marco teórico que sustenta las comunicaciones móviles, desde sus primeros desarrollos hasta la implementación actual. En el capítulo 3 se precisa la tecnología Single RAN, la cual es una tecnología de convergencia que lleva el acceso hacia una red todo IP y además permite el uso de varias interfaces actuales como TDM, ATM, Ethernet entre otras.

En el capítulo 4 se presentan los requerimientos específicos para implementar el hardware con tecnología Single RAN en una estación base de la urbanización “La Joya”; los requisitos de obra civil, de energía eléctrica y de operación/ mantenimiento de la red, para dar un salto cualitativo y cuantitativo.

Es de destacar que esta implementación permite el uso de equipos de diferentes fabricantes, porque todos están basados en la modernización de hardware a través del principio de las redes definidas por software.

Es necesaria la implementación de este tipo de equipamiento, porque ayuda a los operadores a desplegar una mayor cobertura de sus redes, debido a que en Latinoamérica, y específicamente en Ecuador, existe un crecimiento exponencial de las conexiones, tanto en áreas urbanas y en zonas rurales.

1.1 Planteamiento Del Problema

Actualmente los usuarios dejan de ser solo receptores de información, sino que crean contenidos y los comparten entre ellos. La irrupción en el mercado de nuevos dispositivos con mayores capacidades de procesamiento, entre ellos los teléfonos inteligentes, eleva la necesidad de conexiones de datos con mayor velocidad de transmisión.

Para los operadores del servicio móvil avanzado es imperioso responder a estos requerimientos de forma oportuna. Implementar equipos que

concentren tecnologías como 2G, 3G y 4G que redunden en un eficiente uso del espectro licenciado y posibiliten la optimización de los recursos de la red.

1.2 Justificación

El aumento de la demanda de servicio de banda ancha móvil ha obligado a todos los actores del sector de las telecomunicaciones a buscar soluciones a implementar eficaz y eficientemente. En los núcleos urbanos es cada vez más difícil encontrar lugares donde sea factible instalar nuevas estaciones bases, debido a esto se potencian las estaciones bases que actualmente se encuentran en operación.

Diferentes proveedores de equipos de telecomunicaciones han presentado soluciones que permiten agregación de tecnología en un solo equipo de acceso, permiten un menor consumo de energía eléctrica y trabajan bajo redes con estándar MPLS.

Al utilizar la nueva tecnología de convergencia en redes de acceso celular Single RAN, el operador obtiene muchos beneficios dentro del ejercicio de su negocio y esto conlleva a su vez a llegar a más usuarios, dar una mayor cobertura y optimizar recursos tanto técnicos como económicos.

Actualmente en la urbanización “La Joya” para esta investigación existe una radio base que da cobertura a toda esta zona, pero con bajas

velocidades de transmisión de datos y en ciertos momentos con intermitencia y hasta interrupción de servicio.

Con la adopción e implementación de la tecnología Single RAN se puede ofrecer velocidades de transmisión de datos más altas hasta llegar al estándar 4G y obtener mejoras considerables en la calidad del servicio.

Las características socio económicas de los usuarios de esta zona geográfica indican que si es necesaria esta actualización de la red, son cliente del estrato medio-alto que consumen varios servicios de telecomunicaciones, para el operador esto significa que su inversión se amortizara con futura renta financiera

1.3 Objetivos

Se plantearon los siguientes objetivos para el actual trabajo de investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar la implementación de la tecnología Single RAN en una radio base celular ubicada en la urbanización “La Joya”.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir la tecnología de convergencia Single RAN para la modernización de equipos de las redes de acceso de un operador de servicio móvil.

- Conocer las ventajas de la utilización de esta tecnología y su complementación con equipamiento relacionados a tecnologías de acceso actuales.
- Establecer los parámetros necesarios para la implementación del equipamiento Single RAN en la radio base celular ubicada en la urbanización “La Joya”

1.4 Tipo de Investigación

Para este trabajo de investigación se utiliza los tipos de investigación descriptivo y explicativo, ya que en primer lugar se hace un detalle de la tecnología Single RAN, su fundamento teórico, además de su aplicación en la telefonía móvil y luego su tratamiento para las necesidades específicas de los operadores de telecomunicaciones en una estación base celular de una urbanización.

1.5 Hipótesis

En los últimos años los operadores de telecomunicaciones deben dar respuesta a la expansión de los usuarios de banda ancha móvil. Cada vez más dispositivos conectados a la red ejercen presión por mejoras significativas en los servicios ofertados.

No se trata solo de más megabits por segundo, sino que nuevas tecnologías permitan gestionar mejor las redes de acceso – y las de

transporte – para estar a la vanguardia en temas como seguridad de los datos, con convergencia hacia el futuro y evitar la reinstalación de equipos en pocos años.

La tecnología Single RAN define bases para lo que actualmente se estudia como redes definidas por software – SDN (Software Define Network) – y la virtualización de las funciones de la red – NFV (Network Function Virtualization) – que prometen mejoras considerables de la gestión de una red de telecomunicaciones desde su red central hasta el cliente.

Si se implementan los equipos con tecnología Single RAN, se permite una optimización de recursos técnicos y económicos para el operador de telecomunicaciones, que influye en beneficios como mejora en la calidad del servicio ofertada al usuario final

1.6 Metodología

Para poder cubrir de manera óptima los lineamientos del trabajo de investigación, se emplea la metodología con enfoque cuantitativo.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO DE LA TELEFONIA MÓVIL

2.1 Compendio Histórico de las Comunicaciones por Radio

Una de las primeras invenciones para comunicar a 2 personas alejadas por una distancia considerable fue el telégrafo, concebido por Samuel Morse. Permitía enviar un mensaje codificado a través de un cable. Su limitación llevo al desarrollo de una nueva característica, la transmisión de una señal entre 2 puntos no conectados.

Diferentes científicos han sido considerados los padres de la radiocomunicación, según ciertos apegos de patriotismo desde sus respectivos países; pero haciendo una retrospectiva histórica, los trabajos de James C. Maxwell establecen fundamentos teóricos claros para lo que hoy se conoce como la comunicación usando ondas de radio. En su obra - publicada en 1865- desarrolla la teoría electromagnética clásica, que unifica los diferentes fenómenos, antes tratados individualmente; aquí establece que la luz, el magnetismo y la electricidad son manifestaciones de un solo fenómeno físico que son las ondas electromagnéticas. (Tomasi, 2003)

Uno de los primeros experimentos lo condujo Heinrich Hertz, como resultado de este, se refrendó la teoría expuesta por Maxwell y además se demostró que se puede recrear de manera artificial las ondas

electromagnéticas con todas sus características usando un equipo de transmisión y otro de recepción. (Haykin, 2002)

Varios científicos realizaron experimentaciones comprobatorias de lo descrito por la teoría, según su justa medida se debe reconocer los aportes de Popov, Tesla, Henry y Marconi. Los trabajos de Marconi representan un corolario de lo realizado anteriormente ya que en los primeros años del siglo XX logró la primera transmisión transatlántica por radio. (Couch, 2008)

Desde este principio visto con simpleza – la propagación de ondas por el espacio libre- se han desarrollado numerosos inventos a lo largo de los últimos 100 años, entre los que se destaca la telefonía móvil, primero en la denominada tecnología analógica y luego con técnica digital, usando la modulación de la señal y otras características lo que nos permite llegar actualmente a la telecomunicación global.

2.2 Desarrollo Inicial de la Telefonía Móvil

Luego de la probada eficacia de la transmisión de voz y mensajes entre largas distancia se siguieron realizando avances dentro del campo de las comunicaciones remotas. Surgieron otras aplicaciones que han definido la forma de comunicación, entre ellas la televisión, la radiodifusión y las comunicaciones satelitales.

Debido a las necesidades de la época - siempre desde un punto de vista belicista - en los años 1940, en el apogeo de la Segunda Guerra Mundial,

aparece la idea de un teléfono inalámbrico, para conectar las tropas emplazadas en diferentes puntos. Para los cuerpos militares fueron de mucho ayuda, luego esta tecnología pasó a desarrollarse para el ámbito general de la sociedad. Un concepto clave para la telefonía móvil es la red de celdas, aunque los equipos necesarios para implementarla no se desarrollaron hasta mucho tiempo después.

2.3 Digitalización de la Señal

La irrupción del microchip en la década de 1960s, trajo la creación de los computadores, esto abrió un amplio abanico de posibilidades para los sistemas de comunicaciones. Principalmente brinda una nueva perspectiva, puesto que deriva a la transmisión de varias señales por el mismo canal de enlace.

Era muy costoso tener un enlace por conexión; con la transmisión digital de señales se mejora la capacidad de la Red Telefónica Conmutada (PSTN en inglés). Desde este punto el desarrollo de hardware y software se ha articulado para el desarrollo de tecnologías para todos los ámbitos de la sociedad. Para la década de 1970s se introduce la Multiplexación por División de Tiempo (TDM en inglés) como método para la digitalización de las señales. (Serra & Bosch, 2002)

La introducción de la Red Digital Integrada (RDI) proporcionó nuevos servicios a los usuarios; para las empresas proveedoras del servicio la digitalización de sus centrales les permitió llevar las señales como grandes

flujos, con lo que optimizaban el transporte de las mismas hasta el cliente. Los nuevos servicios con señal digital se ofrecieron sobre las mismas redes telefónicas analógicas desplegadas con anterioridad y con gran cobertura.

Cabe destacar que este tipo de redes, tenían una desventaja considerable, puesto que solo la conexión entre la oficina central y los nodos de la red era de forma digital. Desde este punto hasta el abonado se seguían transmitiendo señales analógicas, con lo cual se tenían que utilizar equipos convertidores analógico-digital en ambos sentidos de la comunicación. Además el bucle de abonado era óptimo solo para transmitir señales en baja frecuencia – como la voz – con lo cual se desperdiciaban las bondades de la conexión digital para altas frecuencias y transmisión de datos.

El CCITT – UIT-T actual – en su libro rojo publicado en el año 1988 precisa la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN). Esta actualización resuelve el problema del acceso analógico de su predecesora llevando la conexión digital desde el núcleo de la red hacia el usuario final sin interrupciones. En varios mercados se expande la RDSI unificando los servicios de voz y datos en un canal de conexión. (Serra & Bosch, 2002)

El aumento de las conexiones, las particularidades de diferentes mercados –Europa, Japón y EEUU – y la aparición de equipos de nuevos fabricantes llevaron a la homologación de tecnologías para la conexión de transmisiones digitales. La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH), escogida en el Ecuador, que fue emitida en la norma G.732 de la UIT-T emplea la

Multiplexación por división de tiempo (TDM) para comunicaciones en medios físicos –sea hilo de cobre, cable coaxial o enlace microonda- para transportar las tramas de varios canales telefónicos. (UIT, 1988)

Mediante la digitalización de la señal analógica con la modulación PCM, se establece el canal telefónico en 64kbps, con PDH se fijó un nivel primario para multiplexar 30 canales más 2 de control y señalización llegando a una velocidad de 2.048 Mbps durante 125 microsegundos. En la figura 2.1 se presentan los niveles de agregación de las señales para Europa, Japón y Norteamérica.

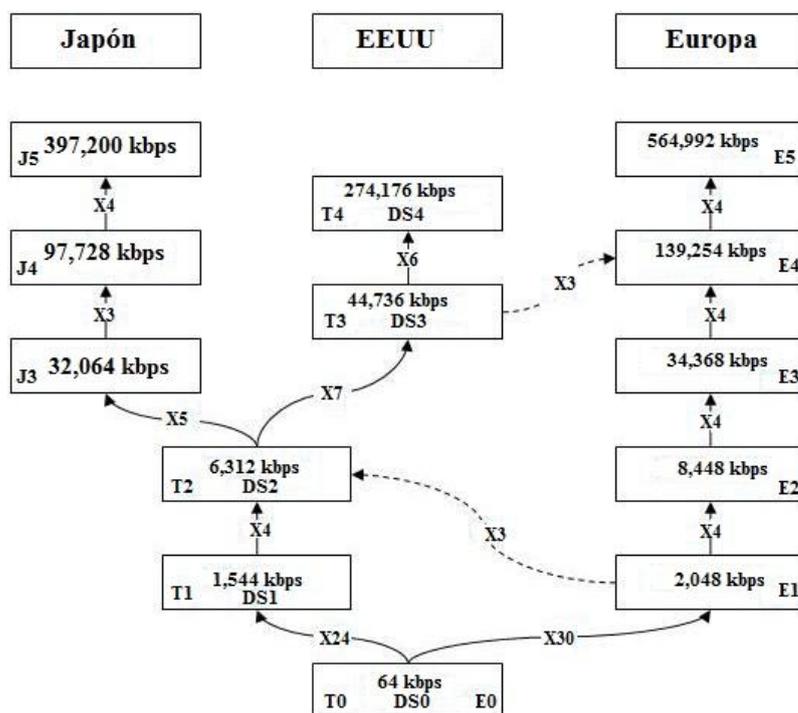


Figura 2. 1: Niveles de PDH

Fuente: Propia

2.4 Telefonía Celular de Primera Generación (1G)

Se considera la primera generación de telefonía móvil, los equipos lanzados por Motorola en los primeros años de la década de 1980. Principalmente porque era un teléfono móvil inédito, de un tamaño y peso equilibrado para ser llevado por el usuario. (Stallings, 2004)

Una de las características más importantes que utilizaban estos sistemas era la modulación de las señales analógicas mediante la técnica FDMA/FDD, es decir el Acceso Múltiple por División de Frecuencia, con este método se realizaba la asignación diferenciada de los canales de datos para ambos sentidos de la comunicación, es decir una frecuencia para enlace de subida y otra diferente para el enlace de bajada. (Serra & Bosch, 2002)

A lo largo de esta década surgen varios sistemas de telefonía móvil en diferentes partes del mundo. La empresa Ericsson promueve el sistema NMT (Nordic Mobile Telephone System) que trabaja en la banda de los 450 MHz, utilizado en los países escandinavos. Los operadores americanos desarrollan su propio sistema llamado AMPS (Advanced Mobile Phone System), y a su vez Inglaterra desarrolla su sistema denominado TACS (Total Access Communication System). (Muñoz Jimenez, 2013)

Debido a la evaluación de estos sistemas en su implementación, se presentaron algunos inconvenientes a destacar, ya que al utilizar señales analógicas, las llamadas tenían baja calidad de la transmisión, además no se podía realizar una interconexión de los sistemas porque utilizaban diferentes

estándares y equipamiento; y las técnica de acceso FDMA/FDD tenía un rendimiento moderado, lo que no permitía dar servicio a una mayor cantidad de usuarios.

Se llevaron a corrección estos requerimientos, y se impulsó el estándar GSM (Groupe Special Mobile) para Europa en el organismo CEPT (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones); detallado como un sistema de comunicaciones móviles para el espacio europeo que utiliza las bandas de los 900 MHz. Este sistema se constituye como el primero denominado de segunda generación. (Muñoz Jimenez, 2013)

2.5 Telefonía Móvil de Segunda Generación (2G)

Los protocolos de comunicación en la redes de la telefonía móvil se volvieron digitales, el paso de la primera a la segunda generación, este aspecto fundamental marca la diferencia con la 1G de señales analógicas. En la siguiente tabla se muestran las características que destacan la implementación de los sistemas de segunda generación.

Tabla 2. 1: Principales características de las tecnologías 2G:

Característica	Funcionalidad
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo, permite mayor rendimiento en el uso del espectro radioeléctrico, ya que se puede alojar a más usuarios simultáneamente
WAP	Wireless Access Protocol, el primer protocolo para el acceso a internet desde el móvil.
SMS	Short Message Service, para el envío de mensajes de texto desde el teléfono móvil.
Modulación Digital	Mejora en la calidad de servicio, por ejemplo con mejor relación señal ruido, técnicas de ecualización para el audio digital, códigos de detección y corrección de errores.
Confidencialidad	Con el uso de los algoritmos de cifrado digital se garantiza la privacidad de las comunicaciones por voz
Interconectividad	Mediante la utilización de datos y transmisión digital, se obtiene la interconexión de las redes móviles con las redes fijas como RDSI

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013)

2.5.1 GSM: Sistema Global Para Las Comunicaciones Móviles

La organización CEPT (Conferencia Europea de Administraciones de Correo y Telecomunicaciones) constituyó el grupo GSM, para que desarrolle las normativas y especificaciones con el fin de promulgar un estándar único para sistemas de comunicaciones móviles para los países del continente, recalando que se trabaje en el rango de espectro de frecuencia de 900 MHz. (Huidrobo, 1996)

Siguiendo el camino de la digitalización de las señales en las redes de telefonía fija, se diseñó GSM para reemplazar casi una docena de sistemas analógicos implementados aisladamente, muchos con incompatibilidad entre ellos.

En 1986, en Francia se realizaron los primeros ensayos en campo, un año después se eligió la técnica de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), a su vez 18 estados firmaron un memorando de entendimiento, mediante el cual, los países participantes se suscribían a acatar las normativas y desplegar una red comercial GSM, con conexiones automáticas de todos los países. (Huidrobo, 1996)

Para el año de 1989 se puso a disposición las especificaciones finales de GSM-900. Se implementaron las primeras redes europeas en 1991 y dos años después se comercializaron los primeros terminales GSM. Las redes GSM alcanzaron el millón de usuarios en 1994. Según datos al año 2008 tres mil millones de personas son usuarios de GSM. (Muñoz Jimenez, 2013)

El estándar GSM ha sido adoptado por muchos países fuera de la Unión Europea, según cifras se desplegó servicio GSM con 35 redes en más de 23 países, además de 26 países de otros continentes estaban considerando la adhesión al estándar.

El estándar GSM-1800 se determinó un año después, también llamado DCS (Digital Cellular Service), esta variante GSM trabaja en la banda de 1800 MHz. Su principal ventaja es que al ofrecer más canales, proporciona un mayor ancho de banda, pero para brindar esta característica rescinde en otras como menor alcance y cobertura en espacio cerrados como edificios, por trabajar en altas frecuencias.

2.5.2 Arquitectura de la red GSM

Los bloques funcionales e interfaces que forman parte de la arquitectura de una red GSM se dividen en 3 grandes secciones. El primer elemento es la estación móvil (MS) o equipo de usuario, que lo provee de una SIM (módulo de identificación del abonado). El subsistema de radio base (BSS) o también denominada Red de Acceso y el subsistema de conmutación y de red (NSS), o llamada Red Troncal.

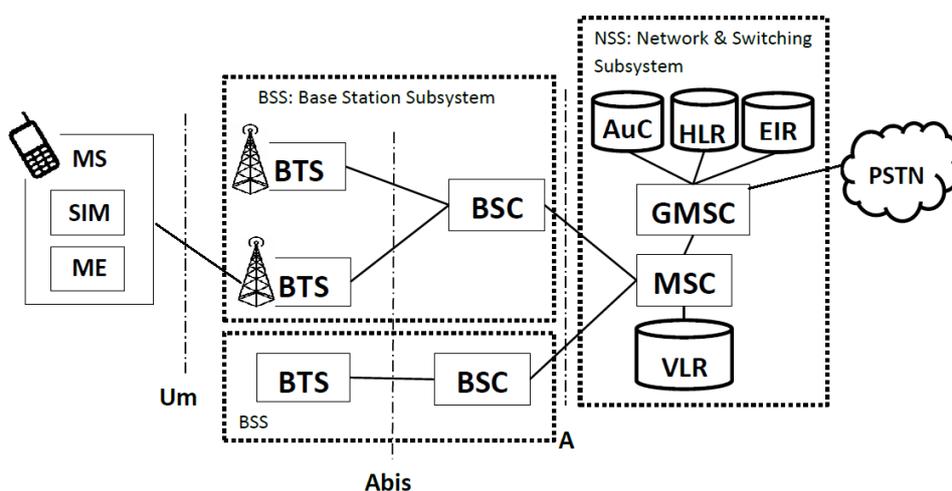


Figura 2. 2: Arquitectura GSM, bloques funcionales e interfaces.

Fuente: Propia.

2.5.3 Elementos y Subsistemas GSM

Básicamente la segunda generación describe con más amplitud los elementos y subsistemas, puesto que llega al sector la estandarización y las redes se implementa bajo un marco general para optimizar los servicios a ofrecer.

Estación Móvil (MS: Mobile Station)

Es el equipo terminal que usa el cliente para comunicarse. Para términos técnicos se divide en la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) y propiamente el teléfono celular llamado Mobile Equipment. La gran ventaja de los terminales con servicio GSM reside en la tarjeta SIM, que se puede acoplar a cualquier dispositivo, guarda los contactos telefónicos y como su nombre lo indica, identifica al equipo en la red.

La tarjeta SIM se mantenido desde el sistema 2G hasta las nuevas generaciones; con pequeñas variantes en su tamaño denominadas microSIM y nanoSIM. Ha surgido cierta resistencia de parte de los fabricantes, puesto que con las capacidades de los equipos actuales, se puede implementar una softSIM y utilizar ese espacio físico para ubicar otras funciones en el teléfono.

Subsistema de Estación Base (BSS) /Red de Acceso

La segunda área funcional la conforma la BSS, esta se compone de BTS (Base Transceiver Station) y BSC (Base Station Controller); la función primordial es la de conceder y controlar el acceso a la red a los usuarios. Además tiene interfaces de comunicación con el Mobile Service Switching Center (MSC) a nivel BTS-BSC-MSC.

Estación Base (BTS: Base Transceiver Station)

Es parte de la red de acceso, proporciona conectividad entre el teléfono móvil y la red central; las radiobases se despliegan conforme un esquema de

celdas hexagonales, donde la estación se ubica en el centro de la misma. Para las interfaces Um y Abis realiza el mapeo de los slots de tiempo.

Controlador de Estación Base (BSC: Base Station Controller)

Gestiona una cantidad determinada de estaciones bases según un espacio geográfico determinado. Debido al alto número de radiobases, existen diferentes regiones asignadas a cada uno de los BSC. Esto redundante en una gestión distribuida de la red de acceso. Dentro de la red de acceso de telefonía móvil cada BSC con sus respectivas BTS forman un subsistema BSS.

Para esquematizar la red de acceso de servicio celular se la divide en.

Red de Acceso de Radio

Es el componente de la red comprendido entre la estación base (BTS) y el dispositivo móvil (MS), que utilizando la interfaz Um, realiza el envío y recepción de datos.

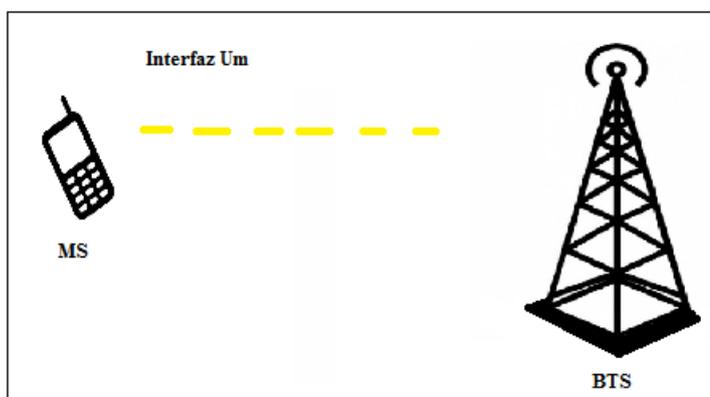


Figura 2. 3: Red de Acceso de Radio – Interfaz Um.

Fuente: Propia.

Red de Transmisión de Acceso

Esta sección de la red corresponde desde la radiobase (BTS) hasta el controlador (BSC), estos equipos se comunican usando la interfaz A-bis, la cual proporciona el transporte de información (voz, datos, señalización y gestión). (Hernando Rábanos, 2008)

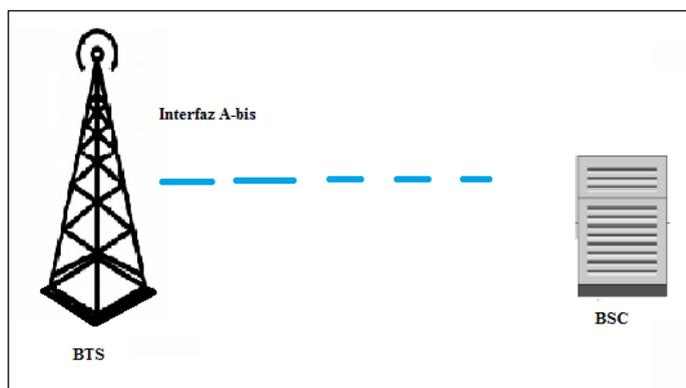


Figura 2. 4: Red de Transmisión de Acceso – Interfaz A-bis.

Fuente: Propia.

Subsistemas de Conmutación de Red (NSS)/ Red Troncal

Este subsistema está anexo a la red móvil GSM, realiza la administración de las llamadas entre los usuarios de la red celular y la red convencional PSTN (Red de Telefonía Pública Conmutada). Los operadores de la red móvil proceden a su operación y mantenimiento, logrando la interconexión de los dispositivos móviles con la de otro operador, además de la red fija. Este subsistema recoge conceptos vinculados a las centrales fijas de la PSTN, aunque agregando nuevas características para estos teléfonos, por la naturaleza de una red móvil. (Couch, 2008)

Centro de Conmutación. MSC (Mobile Switching Center)

Su función principal es la de control de llamadas (establecimiento, enrutamiento, control y finalización) pasando por el BSC, la BTS hasta el usuario final. Proporciona otros servicios como desvío de llamadas, transmisión de datos, servicios de fax, y SMS (mensajes de texto). Trabaja de manera semejante a una central de una red PSTN, sin embargo como los usuarios pueden trasladarse en diferentes celdas hace más actualizaciones en sus tablas de registros internos. Cada MSC gestiona las BSC ubicadas en su espacio geográfico designado, asimismo cuenta con acceso al HLR de otros operadores y la interconexión con las redes de aquellos, y entrada al VLR (Visitor Location Register).

GMSC (Gateway MSC)

Es el equipo encargado de enlazar la red de telefonía móvil con la red PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), por consiguiente, es una interfaz MSC entre ambas redes. A través de este equipo se encaminan las llamadas del tipo móvil-móvil y fijo-móvil.

HLR (Home Location Register)

Este registro incluye la información de todos los usuarios de la red celular, su posición, si su conexión esta activa y las características de su facturación, es decir, (prepago, pospago, servicios adicionales contratados, clase de dispositivo). Cada terminal móvil esta agregado a un único HLR administrado por su operador. Al establecer una llamada, el MSC hace una petición al HLR del numero sobre información de disponibilidad y ubicación (a que

subsistema BSS pertenece) y resuelve encaminar la conexión o enviar un mensaje de error. (Huidrobo Mota, 2006)

VLR (Visitor Location Register)

El VLR es un registro con información indispensable para el MSC sobre los clientes que visitan la red, pertenecientes a otros operadores, es decir, los servicios para este grupo de usuarios y su ubicación. Comparado con HLR, VLR es más inestable, HLR reserva si para un área dentro del MSC, los permisos, identificaciones, localización en la red y tipo de billing para los abonados activos en ese momento y en esa sección de la red. Cuando el cliente se registra en la red, el VLR de aquella sección de la red se interconecta el HLR del otro operador y verifica si se puede establecer la llamada según su tipo de facturación. El VLR mantiene esta información mientras el cliente invitado este activo para evitar fraudes y se actualiza regularmente.

EIR (Equipment Identity Register)

El Registro de Identificación de Equipo almacena listas con permisos de acceso al dispositivo móvil. Utiliza un número de identificación único denominado IMEI (International Mobile Equipment Identity) para evitar la doble activación de equipos y los fraudes asociados al robo de terminales, y evitar la activación de los equipos reportados en la red.

AUC (Authentication Center)

El Centro de Autenticación del Usuario maneja las claves individuales (IMSI y Ki) de cada abonado y provee al HLR de las claves de cifrado y los parámetros de los sistemas de seguridad. (Hernando Rábanos, 2008)

Este subsistema esta anexo a la red móvil GSM, realiza la administración de las llamadas entre los usuarios de la red celular y la red convencional PSTN (Red de Telefonía Publica Conmutada). Los operadores de la red móvil proceden a su operación y mantenimiento, logrando la interconexión de los dispositivos móviles con la de otro operador, además de la red fija. Este subsistema recoge conceptos vinculados a las centrales fijas de la PSTN, aunque agregando nuevas características para estos teléfonos, por la naturaleza de una red móvil.

Otros

Este apartado incluye los subsistemas como el SMSC (Centro de Mensajes Cortos) y otros que suman tareas de prueba, mantenimiento, gestión, tarificación y todos los transcodificadores necesarios para poder transferir llamadas según el tipo de red (redes con otros estándares y protocolos)

Subsistema de Soporte de Operaciones (OSS)

El Operational Support System, comprende las siguientes áreas funcionales:

- OMC, Operation and Maintenance Center
- NMC, Network Management Center
- SMC, Supervision Management Center

Interfaz Um

Esta interfaz conecta al dispositivo móvil MS, con la estación base BTS, la transmisión se basa en el envío de ondas electromagnéticas a través de medio no guiado, es decir propagación en el aire de la señal. Esta interfaz está delimitada en 3 capas del modelo OSI: nivel de red, nivel de enlace y nivel físico.

Específicamente esta técnica primero, del espectro disponible lo divide en partes iguales, una parte UL y la otra para DL, al mismo ancho de banda (duplexión FDD), luego cada parte se vuelve a seccionar en canales con ancho de banda de 200 KHz con una frecuencia portadora determinada, con lo cual cada canal se compone de 2 portadoras para enlace subida y de bajada. Posteriormente en cada portadora se multiplexa 8 canales (time slots). (Muñoz Jimenez, 2013)

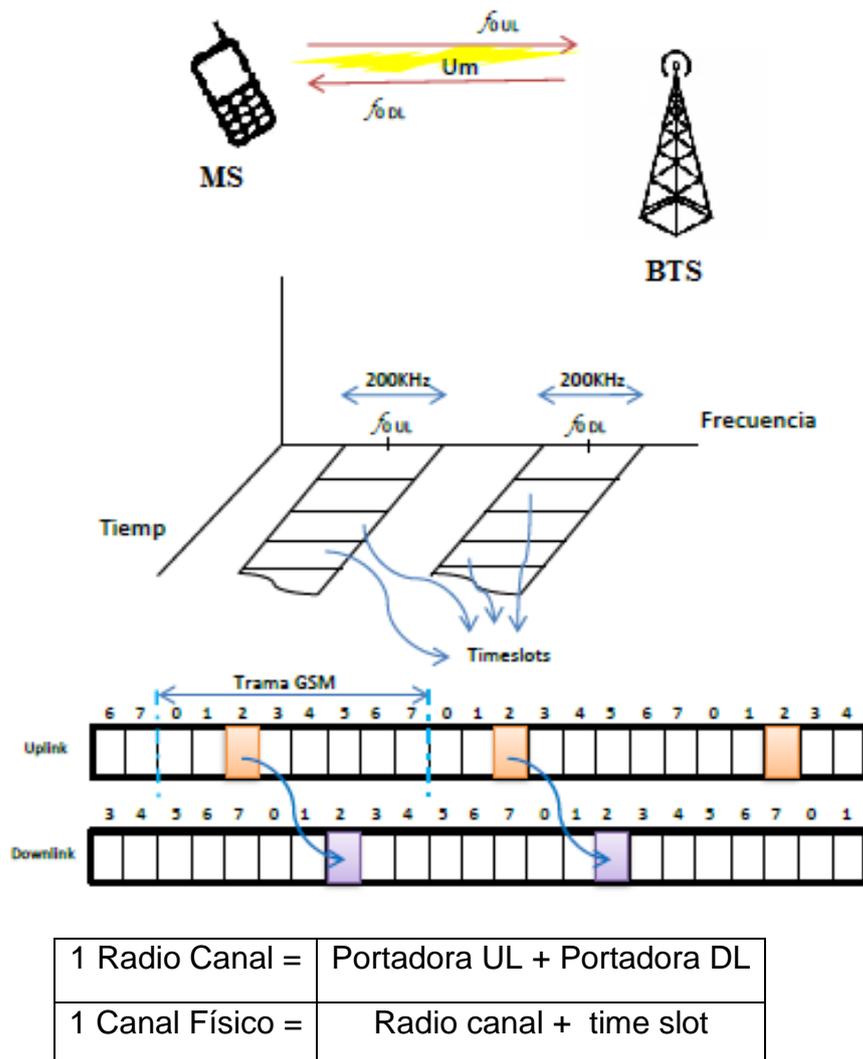


Figura 2. 5: Esquema de la técnica de acceso al canal FDMA/TDMA-FDD y ranuras de tiempo por trama GSM.

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013)

En la figura 2.5 se muestra un esquema de la técnica TDMA aplicada en GSM, con frecuencias centrales para los enlaces DL y UL, esta transmisión se divide en 8 tramas time slots (numeradas del 0 al 7).

Cada dispositivo de usuario, está reglamentado a utilizar una determinada frecuencia portadora en ciertas ranuras de tiempo, por lo cual, solo puede transmitir voz según lo asignado utilizando ráfagas (burst). Esto se denomina

un canal físico (canal + time slot), por lo tanto se dispone de 8 canales por cada portadora. También, existe un desfase de 3 time slots entre canal DL y UL para no utilizar duplexor.

Cada ranura de tiempo dura 577 uS, donde la trama lleva una duración total de 4615 mS. Por otro lado, se transmiten 148 bits junto con una banda de guarda (de 8.25 bits) para cada ranura de tiempo; pero en cada ráfaga, solo 114 de 148 bits llevan información de usuario, lo que como resultado da una velocidad de 22.8kbps. Un teléfono celular puede transmitir 22.8 Kbps por su radiocanal, lo que equivale a las siguientes tasas de transmisión antes de la codificación del canal

Tabla 2. 2: *Velocidad de transmisión en sistemas GSM de los canales de voz y de datos.*

Modo	Canales de Voz	Canales de Datos
TCH/Full Rate Speech	13kbps	9.6, 4.8, 2.4 kbps
TCH/Half Rate Speech	6.5kbps	4.8, 2.4 kbps

Fuente: (Hernando Rábanos, 2008)

Según el plan de frecuencias y la capacidad del hardware instalado se tendrá un número limitado de portadoras disponibles por cada celda con su respectiva BTS.

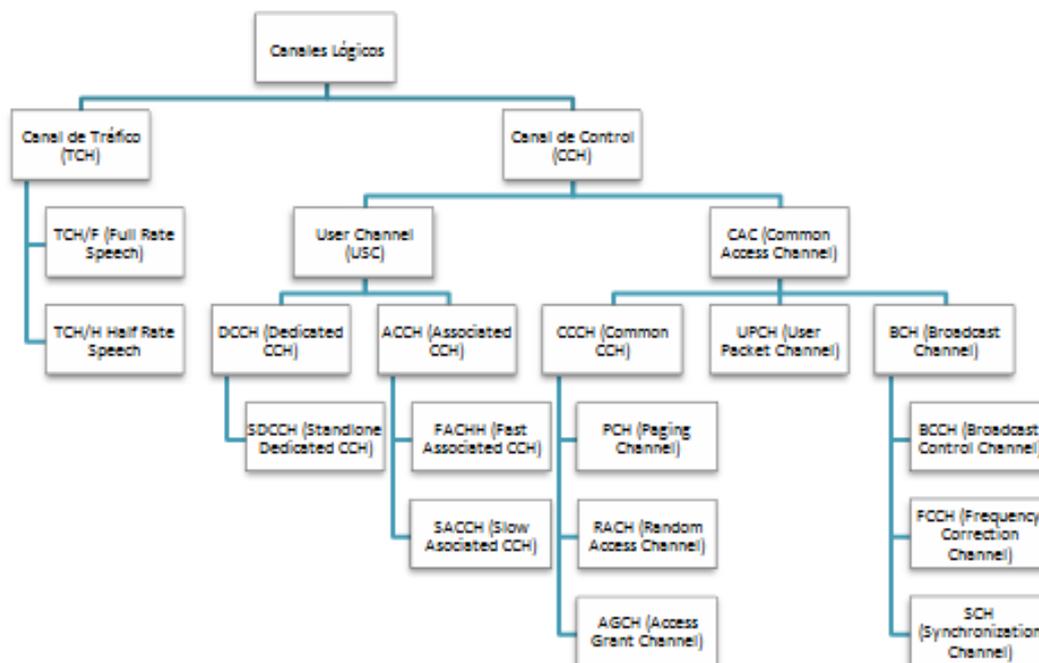


Figura 2. 6: Jerarquía de Canales Lógicos en GSM

Fuente: Propia.

Los canales lógicos, están conformados por la información que transportan los canales físicos, los cuales pueden ser de dos tipos (Haykin, 2002):

- Canales de Control (CCH), que trasladan la información necesaria para realizar tareas de mantenimiento gestión de red, existen múltiples canales de control.
- Canales de Tráfico (TCH), los cuales llevan la información de usuario, sea datos o voz.

Interfaz Abis

Esta interfaz permite la comunicación entre la radio base (BTS) y el BSC pertinente. No obstante, entre estos equipos no existe una comunicación directa como la que permite la interfaz Um, con el usuario y la estación base.

Generalmente un BSC gestiona muchas BTS, el BSC se localiza principalmente en los centros de conmutación del operador; entre tanto las BTS están desplegadas por un espacio geográfico amplio para maximizar la cobertura del servicio. La red de transmisión de acceso permite conecta las BTS con el BSC y la oficina central mediante una WAN (Red de Área Amplia). La capacidad de esta red delimita los servicios y el área de cobertura del operador. Los principales avances en las redes celulares se han dado en este tramo de la red, ya que se han desarrollado diferentes tecnologías que trabajan sobre varios medios físicos como cables o enlaces microondas. (Couch, 2008)

Al igual que la interfaz Um, la interfaz Abis está determinada por los tres niveles inferiores del modelo OSI.

Resumiendo la comunicación usando una red de telefonía móvil, la información originada en los dispositivos terminales llega a la estación base mediante la interfaz Um, procesa las señales TDM a tramas E1 (Jerarquía SDH), sean slots de 64Kpbs, y las envía con interfaz Abis. Esta interfaz utiliza el protocolo LAPDm (Link Access Procedures, D Channel modified), que está basado en el LAPD de la ISDN, para llevar la supervisión y señalización de la BTS hacia el BSC; y además transportar la señal de sincronización desde BSC hasta el MS (Mobile Station). Los E1 son compartidos por el número de transmisores (TRXs) de la BTS, normalmente son entre 10 y 14 TRXs los que se mapean en las ranuras de tiempo del E1 desde el BTS hacia la red de transmisión de acceso.

Interfaz A

La interfaz A permite la conexión de los BSC con el MSC, es decir los dos subsistemas de la red móvil, el BSS (Subsistema de Estación Base) con el NSS (Subsistema de Conmutación de Red), esta interfaz cierra el enlace de comunicación entre el usuario y la red central.

Para la señalización, la interfaz "A", usa el Sistema de Señalización Numero 7 (SS7), además transporta canales de información entre ambos subsistemas de la red. Por medio de esta interfaz, se realiza transmisión de información relacionada con las funciones como: gestión de movilidad, manejo de llamadas y gestión del BSS.

2.6 GPRS (General Packet Radio Service) - 2.5 G

GPRS surge como una evolución en las redes GSM, para equiparar estas con los nuevos servicios que ya ofrecían las redes fijas, por ejemplo el acceso a Internet. Los organismos de estandarización precisaron esta actualización para ofrecer a los usuarios móviles los primeros servicios de datos de banda ancha, tales como MMS, videollamada y correo electrónico. (Tanenbaum, 2003)

GPRS permite velocidades de conexión de entre 64 Kbps a 160kpbs, gestionando las direcciones IP de los terminales y usando la conmutación de paquetes, todo sobre las redes GSM. Incorpora el protocolo WAP (Wireless Application Protocol) y MMS (Multimedia Messaging Service). Fue

promulgado por ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) para luego pasar al grupo 3GPP.

La tarificación de los servicios tiene un cambio importante con la entrada de 2.5G, ya que, se realiza por Mbps consumidos por el usuario, diferente a lo establecido por el tiempo de conexión, en la forma habitual de circuitos conmutados en GSM. Los operadores emplean nuevas estrategias de mercado para captar al público ofreciendo planes controlados y planes libres según los dispositivos móviles acordados.

A la red GSM se le debe agregar nodos de conmutación de paquetes para dar soporte GPRS, estos elementos son SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node) y PCU (Packet Control Unit), ubicado entre el SGSN y el BSC; con una red basada en IP para interconectar entre estos equipos.

2.7 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) - 2.75 G

También denominado Enhanced GPRS, es un estándar emitido por ETSI en el año 1999, considerado como un avance significativo en lo que respecta a la transmisión de datos en redes móviles. (Tanenbaum, 2003)

Es la última actualización de redes consideradas 2G para las sucesivas redes 3G, la velocidad de conexión alcanzada es de 384 Kbps por conmutación de paquetes. Al utilizarse sobre las redes GSM permite un ahorro en costos de implementación, el operador solo debe realizar

actualizaciones pequeñas en BSS (el subsistema de estaciones base) si ya cuenta con servicio GPRS.

Los beneficios de EDGE se ven acotados según la capacidad de la red de transmisión de acceso, entre el BTS y el BSC, ya que a cada radiobase se le asigna para transmisión entre 4-6Mbps por enlace SDH en la interfaz A-bis; limitando a los usuarios a alcanzar las velocidades teóricas del estándar. EDGE puede soportar conexión a internet para servicios más intensivos como navegación web y servicios multimedia.

2.8 Telefonía Móvil 3G (Tercera Generación)

La UIT luego de varios años de estudio definió las especificaciones para las llamadas redes de tercera generación, en la norma UIT-R M.1457 se las compila y denomina IMT-2000. Las condiciones generales para que una tecnología se considere 3G, se resumen en las velocidades de transmisión de las tecnologías de radio: (UIT, 2000)

- 2048 Kbps en espacios indoor o de poca movilidad
- 384 Kbps para equipos con movimiento a media velocidad
- 144 Kbps para terminales a alta velocidad de movimiento (vehículos)

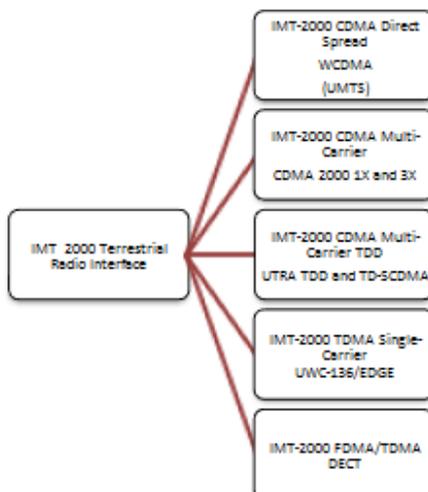


Figura 2. 7: Tecnologías que cumplen las especificaciones IMT-2000 para denominarse 3G

Fuente: Propia.

Para la implementación de las redes de tercera generación, se dividieron los grupos de normalización en dos sectores: 3GPP para tecnologías ligadas a GSM, usando la técnica WCDMA y 3GPP2, evolución de redes americanas con CDMA2000. Estos proyectos, sin embargo, se coordinan en características importantes de las redes troncales, como transmisión IP, con miras a establecer redes convergentes para tecnologías sucesorias de IMT-2000.

Diferentes asociaciones del sector de las telecomunicaciones conformaron el grupo 3GPP (Proyecto Asociación de Tercera Generación), cuya actividad primordial era presentar especificaciones técnicas para el nuevo sistema de tercera generación basado en aspectos a mejorar de GSM, bajo el marco de las directrices del proyecto IMT-2000 de la UIT.

Luego se amplía las características de 3GPP para dar soporte a otras tecnologías como GPRS y EDGE. (UIT, 2000)

La principal tecnología desarrollada por el 3GPP fue UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), que usa una interfaz de radio basada en la técnica WCDMA, que soporta TDD (Duplexión por División de Tiempo) y FDD (Duplexión por División de Frecuencia); teóricamente alcanza tasas de transferencia de 2 Mbps; la implementación de UMTS en redes de acceso se la denomina UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). La red central (core network) en UMTS soporta los protocolos IP y ATM para dar conectividad al subsistema de estación base. Las características a destacar de UMTS son:

Tabla 2. 3: Descripción de las principales características de UMTS.

Característica	Descripción
Nuevos servicios propios de la telefonía móvil de datos:	Servicios multimedia, videollamada, descarga de contenidos como música, video y fotos; acceso a la web como un plus a la comunicación de voz
Acceso rápido:	La principal ventaja de UMTS sobre 2G es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos.
Bajo costo de implementación y facilidad de uso:	Se expande la gama de equipos móviles disponibles con fácil acceso a los nuevos servicios y costos manejables para llegar a un mercado masivo de consumidores
Gestión y tarificación	Diferentes formas de billing (según tarifas) y roaming internacional, con lo que se logra llevar servicios adaptables a las necesidades de los usuarios.

Fuente: (Stallings, 2004)

Si bien las ventajas de 3G son significativas con respecto a la tecnología anterior, se presentaron inconvenientes para que su despliegue fuera a mayor velocidad en los principales mercados como América y Europa. Uno

de las causas fue del tipo regulatorio, el espectro de frecuencia era utilizado por otros servicios como la televisión analógica en bandas cercanas a 850-900 MHz en las que, según estudios, se obtenía el mejor rendimiento; por lo que los operadores debían comprar licencias e instalar nuevas redes con distintos requerimientos técnicos; y donde aquellos debían hacer fuertes inversiones para mejorar el hardware y los diferentes sistemas. Los operadores en muchos casos retrasaron la mejora de sus redes o la implementación de 3G; en países donde consideraron que los consumidores tenían poca demanda y no generaría un retorno rápido de la inversión.

Tabla 2. 4: *Tecnologías y estándares bajo la especificación 3G/IMT-2000 y su evolución*

Estandares que cumplen IMT-2000	Nombre Común	Evolucion	Mejora hacia 4G	Canal Radio	Duplex	Descripcion	Region Geografica
TDMA Single-Carrier (IMT-SC)	EDGE (UWC-136)	EDGE EVOLUTION	Probable no continuacion	TDMA	FDD	Mejora GSM/GPRS	Global
CDMA Multi-Carrier(IMT-MC)	CDMA2000	EV-DO	UMB	CDMA		Mejora CDMA2000	América, Asia
CDMA Direct-Spread(IMT-DS)	UMTS	wCDMA	LTE		Familia de mejoras revolucionarias del estandar GSM	Global	
CDMA TDD (IMT-TC "Time Code")		TD-CDMA				Europa	
		TD-SCDMA		China			
FDMA/TDMA (IMT-FT "Frequency Time")	DECT	N/A		FDMA/TDMA	TDD	Estandar para telefonía sin hilos	Europa, EEUU, Canada
IP-OFDMA	N/A	WiMAX (IEEE 802.16)		OFDMA		Estandar de comunicaciones inalámbricas	Global

Fuente: *Propia.*

2.8.1 Ventajas y desventajas de los servicios soportados por UMTS

Los principales servicios que ofrece UMTS son:

Tabla 2. 5: *Servicios soportados bajo estándar 3G/IMT-2000*

Servicios UMTS
Transferencia de datos a altas tasas de transmisión con downlink a 2 Mbps y uplink a 144 Kbps con condiciones muy favorables, según el terminal y la red.
Servicios agregados para llamadas, como son; desvío de llamadas, identificación del remitente, llamada restringida e interconexión con las redes ISDN (red fija).
Sumada a la transferencia de datos, el protocolo IP, con lo que se logra acceso a servicios multimedia y nuevas aplicaciones intensivas que necesitan mayor ancha de banda como videoconferencia.
Acceso constante a internet, con lo cual el usuario puede conectarse a los servicios disponibles en la web como el correo electrónico, redes sociales, Tics, entretenimiento entre otras.

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013)

Cabe destacar las siguientes ventajas de UMTS con respecto a las tecnologías precedentes:

Tabla 2. 6: *Ventajas de la tecnología UMTS 3G.*

Ventajas UMTS
Mayor eficiencia espectral, con el uso de la técnica WCDMA (Acceso Múltiple Por División De Código Amplio) se transmite más canales de voz y mayor tasa binaria para ofrecer estos dos servicios por la misma interfaz de radio.
Protocolos y algoritmos, que proveen de mayor seguridad a las conexiones de datos.
Transmisión de voz con calidad comparable a las redes fijas ISDN.
Utiliza la conmutación de paquetes para transmitir altas cargas de tráfico por circuitos de alta velocidad.
Amplia disponibilidad de dispositivos de usuario con menores costos para que el servicio sea asequible a un mercado masivo de nuevos consumidores, ya que UMTS se considera como estándar global.
El protocolo IP trabaja bajo la conmutación de paquetes, como protocolo fundamental del internet, permite diferentes esquemas de facturación como tarifa plana, por demanda, límite de megabits, planes abiertos, etc.
Bajo los parámetros y requerimientos de la red, se determina el QoS (Calidad de Servicio) con lo que se obtiene una gestión de los recursos de radio óptima adaptada a la demanda de gran variedad de servicios y aplicaciones. Los 4 clases de servicio definidos según prioridad son conversacional, Streaming, interactivo y background (segundo plano)

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013)

Pero también se consideran ciertas desventajas:

Tabla 2. 7: Desventajas de la tecnología UMTS 3G.

Desventajas UMTS
Alta latencia a diferencia de las redes con servicio fijo de internet de banda ancha, esto no permite por ejemplo la transmisión en directo para aplicaciones como Streaming por que las velocidades binarias todavía son insuficientes.
Se presentan problemas de cobertura, como una tecnología en desarrollo y según la demanda de usuarios, los operadores despliegan su red según parámetros de población y perfil
Los reguladores de cada país ofrecen las bandas de frecuencias a los operadores con contratos de concesión realmente costosos, por lo que estos recurren a análisis de factibilidad para
Menor velocidad de transmisión si el dispositivo se encuentra en movimiento –regularmente en vehículos- ya que el estándar solo asegura sus tasas binarias teóricas a bajas velocidades.
Perdida de paquetes, puesto que se utiliza conmutación de paquetes no orientada a conexión, lo que conlleva a escoger diferentes rutas y posible desorden o duplicación de paquetes en destino.

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013)

2.8.2 Arquitectura de la red UMTS

A continuación se diagrama la arquitectura de la red UMTS según sus bloques funcionales.

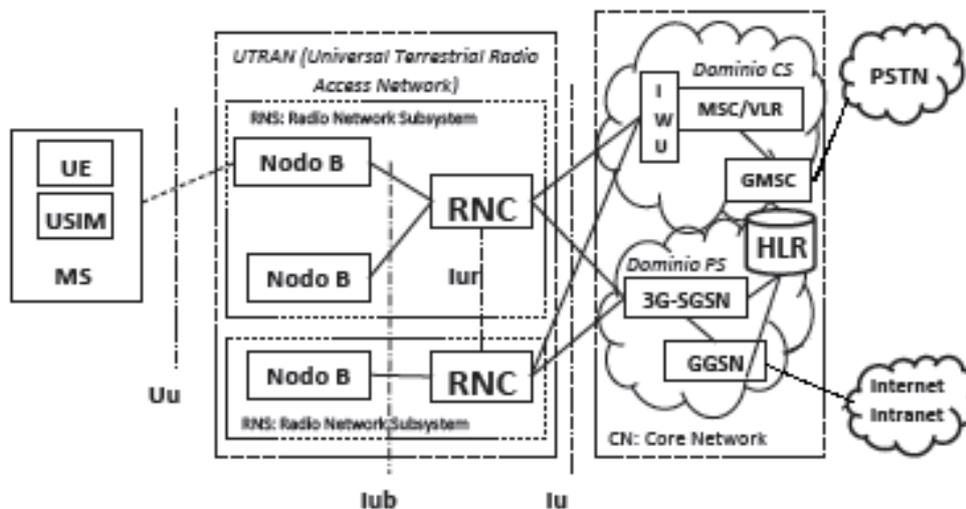


Figura 2. 8: Diagrama esquemático de la red 3G, con sus interfaces y bloques funcionales.

Fuente: Propia.

La arquitectura de la red hereda el mismo esquema de la red 2G, se constituye como estación móvil (dispositivo de usuario, teléfono móvil, teléfono inteligente, modem 3G, tableta), red de acceso UTRAN (subdividida como RNS – Subsistema de red de Radio) y red central, con dominios para la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos separadamente.

2.8.3 Elementos y Subsistemas UMTS

Estación Móvil (MS: Mobile Station)

Es el terminal móvil que permite al usuario adherirse a la red. En UMTS utiliza el SIM, para identificación del dispositivo; pero además de un teléfono se puede integrar otros dispositivos como módulo 3G portátil, para dar conexión a laptops y PCs, además de tabletas y teléfonos inteligentes. Recientemente se han desarrollado SIMs más pequeñas denominadas MicroSIM y NanoSIM para teléfonos inteligentes cada vez más compactos. (UIT, 2000)

Red de Acceso UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Access Network

Es la red que interconecta al usuario, Mobile Station, con la red troncal, Core Network. Comprende el RNS (Subsistema de red de Radio) con el RNC (Radio Network Controller) y los nodos B con todos sus enlaces intermedios. Con varias interfaces de comunicación desde el MS hacia el RNS, y a su vez desde este hacia la red central.

Nodo B

Para las redes 3G, es el elemento equivalente al BTS de GSM, su función es la de conectar el terminal móvil con la red del operador. Estos nodos utilizan la interfaz aérea WCDMA, con mejoras significativas a TDMA/FDMA –FDD de la anterior generación. Según la diagramación de la red en un sitio puede hallarse 2 estaciones bases una de 2G y otra de 3G o a su vez pueden desplegarse por separado. Principalmente hace el mapeo de la información recibida del teléfono usando interfaz “Uu” y sus recursos de transmisión hacia el RNC con interfaz “Iub”.

En su primera versión, los nodos recibían las funcionalidades desde el controlador de red RNC. Con la actualización por tecnologías HSPA (HSDPA y HSUPA) se les asignó más recursos a este elemento de la red de acceso.

Controlador de Red de Radio (RNC)

Es el equivalente al BSC de las redes de segunda generación; se encarga de la gestión de toda la red de acceso de UMTS, supervisa todos los nodos asignados. (Huidrobo Mota, 2006)

El RNC efectúa las siguientes funciones:

- Manejo del tráfico de los canales compartidos
- Manejo de tráfico en los canales comunes
- Control de admisión
- Asignación de códigos en el enlace de bajada
- Gestión de los recursos de transporte de a interfaz Iu

- Combinación en la macro diversidad y división de las tramas de datos transferidas a los nodos B.
- Control de los nodos B y celdas asociadas

La red de acceso de GSM sirvió para establecer los recursos y arquitectura de la red 3G y las sucesivas actualizaciones posteriores. Se utilizaron varios elementos con ciertas modificaciones. No obstante, a su vez que aumentan las demandas de tráfico, este tramo de red es el que más innovaciones ha recibido, actualmente se emplean varios mecanismos para ofrecer mayores tasas de transmisión al usuario por ejemplo tecnología MIMO (uso de múltiples antenas tanto en recepción como en transmisión), interfaz aérea OFDMA, con variantes TDD/ FDD y transporte hacia IP.

Red Troncal (Core Network)

La red central se divide para su gestión en dos dominios: CS (Conmutación de Circuitos), su tarea es transmitir las llamadas hasta la PSTN mediante el MSC y GMSC, también a otras redes de conmutación de circuitos. El dominio PS (Conmutación de Paquetes) conecta a los clientes con las redes de datos como X25, LAN, Internet y servidores de aplicaciones, por medio del GGSN y el SGSN.

Interfaz Uu

Es la interfaz semejante al interfaz Um de las redes 2G; lleva la información entre el dispositivo móvil MS y el nodo B, para aquello utiliza interfaz WCDMA con propagación de la señal electromagnética por el aire.

Se define con las tres capas inferiores del modelo OSI: red, enlace y física.
(3GPP, 2006)

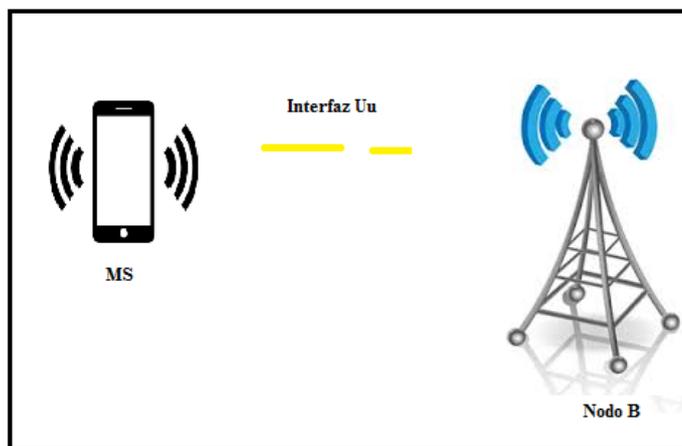


Figura 2. 9: *Interfaz Uu dentro de la red de acceso UMTS.*

Fuente: *Propia.*

Interfaz Iub

Realiza el transporte de información entre las estaciones bases y el controlador de red; similar al interfaz Abis de GSM. Por diseño y complejidad de la red, la mayoría de comunicaciones entre el nodo B y el RNC no es directa; se utilizan diferentes medios de transmisión como enlaces microondas punto-punto o conexión por fibra óptica. (3GPP, 2014)

Las características a destacar del interfaz Iub son:

- El handover consume más recursos que el interfaz Abis
- Asignación dinámica de recursos (timeslot TDM vs. Concepto de ancho de banda)
- Aparecen los conceptos de QoS (calidad del servicio) y experiencia de usuario al coexistir múltiples servicios en la red UMTS.

- Para el transporte de paquetes usa celdas ATM o protocolo IP
- Multiplexación estadística utilizando multiplexores ATM o MPLS.
- Ejecuta un seguimiento de la red de transporte con estadísticas para determinar niveles de ocupación, llamadas rechazadas, gestión de alarmas y disponibilidad de enlaces.

Respecto al transporte por IP o ATM, con la publicación del Release 99, el 3GPP define la primera red 3G (UMTS), con sus todas sus funcionalidades, posteriormente en la especificación 23.925 con título UMTS Core Network base on ATM Transport, se sientan las bases para el desarrollo de la red central con transporte ATM, además en la interfaz Iub. (3GPP, 1999)

En nuevas especificaciones, se crean nuevos parámetros a considerar; por ejemplo en el Release 4, se separan las funciones de gestión y transporte de datos en dos planos: el plano de control y el plano de datos, o denominado de usuario; de forma independiente para realizar optimización el core de la red.

En el Release 5, se establece usar sin diferencia transporte IP o ATM para los datos de usuario y la señalización de la interfaz Iub, es decir en el tramo estación base y RNC. (3GPP, 2006)

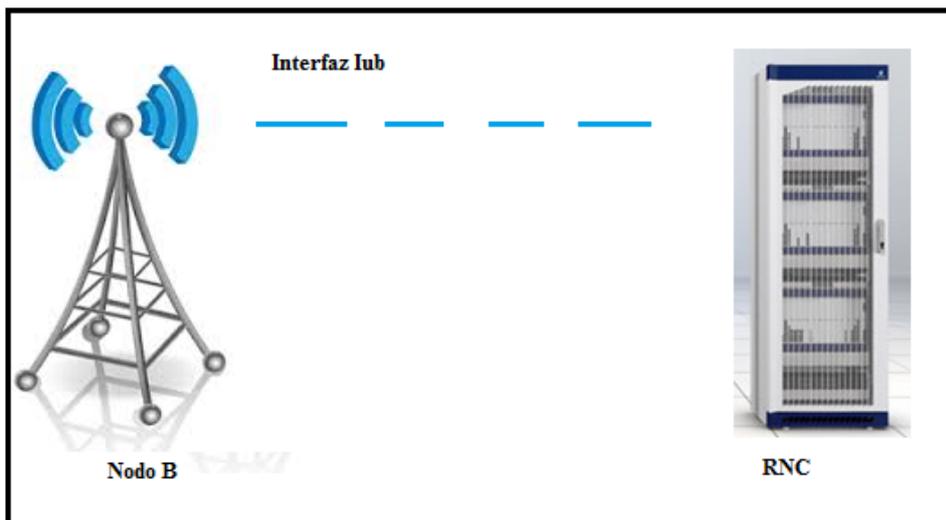


Figura 2. 10: Interfaz Iub ubicada en arquitectura de red UTRAN.

Fuente: Propia.

En la capa de Red de Radio (Radio Network Layer) se define un conjunto de protocolos, para el transporte de tramas; se diferencian según una característica, es decir si son para canales comunes, bajo norma 3GPP TS 25.435, (3GPP, 2014) o para canales dedicados, 3GPP TS 25.427. (3GPP, 2006)

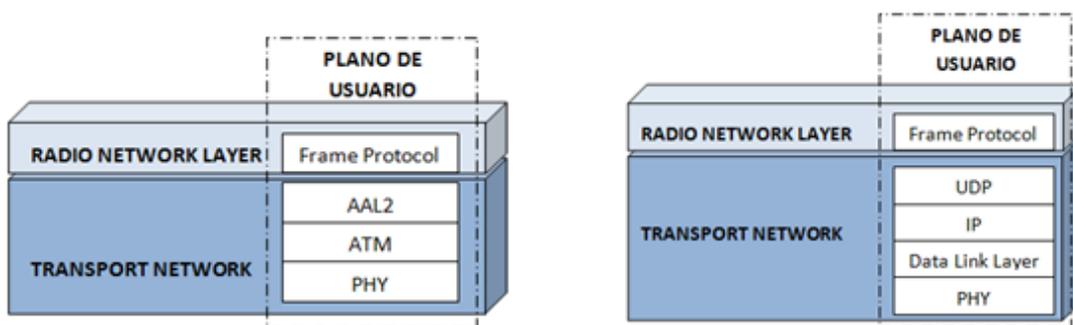


Figura 2. 11: Pila de protocolos del plano de usuario utilizando IP y ATM.

Fuente: Propia.

Para el caso del transporte sobre protocolo IP, la capa de enlace trabajara bajo dos modos: como Ethernet mapeado sobre PDH/SDH o como tramas Ethernet nativo directo.

Utilizando transporte ATM, la capa SAAL (Signaling ATM Adaptation LAYER) se divide en tres subcapas:

- SSCF: Service Specific Coordination Function
- SSCOP: Service Specific Connection Oriented Protocol
- AAL5: ATM Adaptation Layer 5

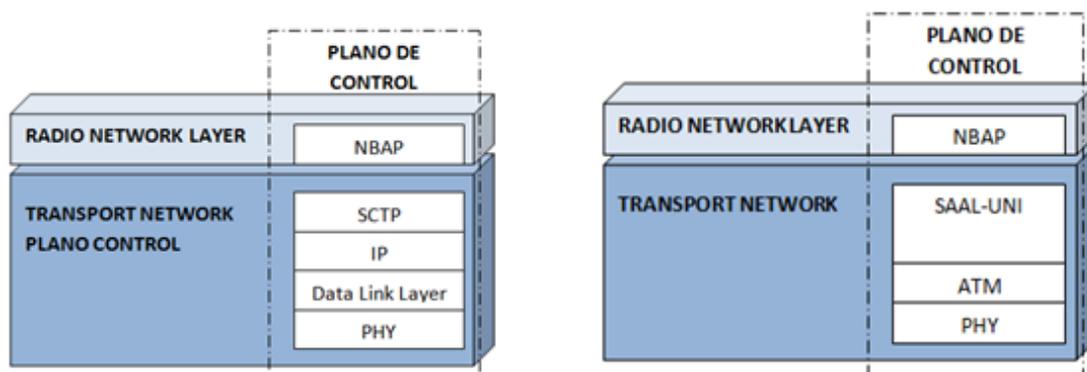


Figura 2. 12: Pila de protocolos del plano de control utilizando IP y ATM.

Fuente: Propia.

Tipos de interfaz lub

El transporte de la información siempre ha generado inconveniente en las redes, utilizar un modo que aproveche todas las características y acerca al usuario final a las velocidades teóricas de los estándares, es una premisa básica. Inicialmente las redes 3G usaban la técnica TDMA con empaquetado de E1 (SDH) sobre transporte ATM para aprovechar la capacidad ya instalada en redes 2G. Con la publicación de los Release 5 y 6, se permitía

emplear dualmente transporte IP y ATM., con lo que el uso de Ethernet se ha extendido en la red de acceso. Se pueden configurar 3 modos para la interfaz Iub.

Iub Dual-Stack

Con este modo, se configura en el nodo B dos rutas diferentes Iub, una en IP y otra en ATM, con funcionamiento simultáneo. Implementar Dual-Stack garantiza estas funciones:

Tabla 2. 8: *Funciones de la Interfaz Iub Dual Stack.*

Funciones Interfaz Iub Dual Stack
Utilizar un camino (ATM o IP) como eje de transmisión principal y el otro como reserva para mantener redundancia 1+1 para protección a cortes de enlace.
Usar la ruta IP, sobre cualquier medio físico para Ethernet: enlace por microondas, NG-SDH o DSL.
Derivar el tráfico de datos hacia rutas alternativas Ethernet, usando los protocolos Iub sobre IP definidos en las normas, R5 y R6 por el 3GPP.
Transmitir la información sensible a retardos y pérdidas, como la voz por ATM/TDM y los datos, según norma R99. Las tramas de datos poco sensibles al retardo (mejor esfuerzo) se envían por la ruta IP sobre red de conmutación de paquetes, esto se usa para el servicio HSPA.
Utilizar asimétricamente los caminos (IP o ATM) según el ancho de banda, el de mayor capacidad para el enlace de bajada y consecuentemente el de menor bit rate para el enlace de subida.

Fuente: (3GPP, 2006)

Los operadores con poca capacidad de despliegue en su red, necesitan alquilar líneas dedicadas para la transmisión de su tráfico de datos, según disponibilidad de los ofertantes las dos tecnologías pueden ser por E1s o tráfico nativo Ethernet. Cuando los operadores quieran interconectar nodos

B con rutas IP deben considerar la rentabilidad económica sujeta a los parámetros técnicos.

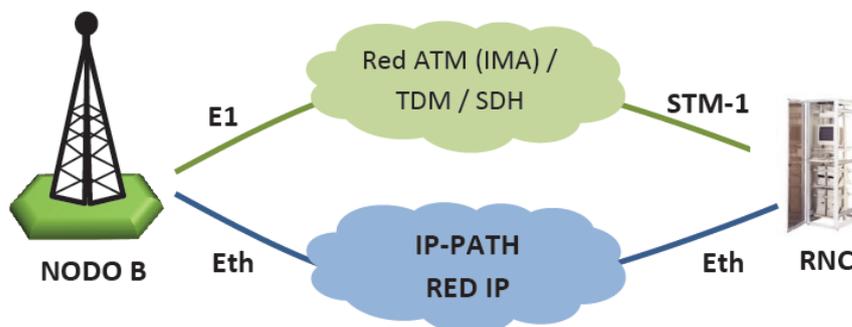


Figura 2. 13: *Interfaz lub Dual Stack en un Nodo B.*

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013)

El utilizar el esquema Dual-Stack, ofrece varios rendimientos al operador; ya que, se obtiene mayores velocidades pico que con tráfico SDH al compararse a PS (conmutación de paquetes), además se logra un ahorro en la red de transporte y garantiza QoS al tráfico sensible.

lub ATM/TDM: IMA

Es el modo de configuración regular antes de la llegada del transporte con protocolo IP, con flujos Ethernet, en el subsistema de radio base. El protocolo IMA (Multiplexación Inversa para ATM) permite el empaquetado o agrupación de las tramas E1 desde los nodos B, con lo que se crea un camino virtual extremo-extremo de mayor capacidad, que equivale al número de E1s usados, este esquema se puede decir es una implementación primaria de las actuales VPN (Redes Públicas Virtuales).

El flujo de celdas ATM se distribuye en todos los E1s y se reagrupa en destino para recrear el flujo original. Para que el reensamblado sea eficiente, se envían celdas especiales denominadas ICP (IMA Control Protocol), solo sirven para el ordenamiento en el trayecto y se descartan en destino. Podemos decir que IMA, crea caminos lógicos o pseudowires (PWE3) o circuitos virtuales ATM para transmitir datos con mayor eficiencia que enlaces separados.

El Foro ATM publicó la norma que regula IMA, que se usa para transportar tráfico ATM (normalmente generado por los nodos B) sobre varias tramas E1, que se denominado Grupo IMA. Para las circunstancias donde no se dispone de mayores capacidades con otros medios como enlaces de radio de mayor capacidad o sistemas de fibra óptica, se obtiene un incremento en la capacidad de transmisión y transporte del tráfico de datos para la red. (3GPP, 2006)

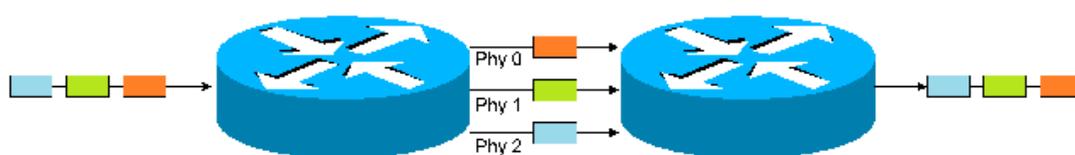


Figura 2. 14: Diagrama para la Multiplexación para ATM (IMA).

Fuente: Propia.

Un grupo IMA se conforma de máximo 32 líneas E1, logrando 64 Mbps de ancho de banda total. En las redes 3G los nodos B se configuran para tasas de transmisión de 16 Mbps, es decir 8 E1s dedicados para la interfaz Iub.

Comparado con el transporte ATM original, ofrece las mismas utilidades y desventajas, también ofrece establecer los parámetros de QoS (calidad de servicio), aunque se debe precisar que, de las celdas ATM se utiliza mucho espacio para transmitir datos de control en su header, es decir, aproximadamente 10% de datos totales (5 bytes de 53).

Iub Full-IP

Actualmente este es el modo de comunicación más empleado en el backhaul de las redes de telefonía móvil. Establece una ruta completa con tramas Ethernet hasta el controlador de la red. La tasa de transferencia de la interfaz Iub no se restringe a 16 Mbps (8E1s) del modo ATM. Con interfaz full IP se alcanzan velocidades de 100 Mbps. La evolución hacia entornos all IP, lleva a los nodos B como uno de los elementos más importantes para ofrecer altas velocidades y mejor experiencia de servicio al usuario. (3GPP, 2006)

Un enlace en modo full IP, generalmente recorre más de un radioenlace Ethernet hasta conmutar con el equipo MPLS a menor distancia. Al ingresar a la red Core, los paquetes se encaminan con los protocolos IP/MPLS (a nivel 3 dentro de la VPN) para luego conmutar hacia el RNC asignado al nodo. La transmisión de datos entre el equipo MPLS y el controlador se realiza por la interfaz Gigabit Ethernet.

Interfaz Iur

Esta interfaz comunica los equipos RNC entre sí para una mejor gestión de la red; no tiene similar en las redes GSM. Con esto los controladores de red pueden realizar diferentes funcionalidades.

Interfaz Iu

La interfaz Iu permite la interconexión desde los RNCs hacia el núcleo de la red; es decir comunicando el RNS (Subsistema de Red de Radio) y el CN (Core Network). Se pueden utilizar diferentes medios físicos, protocolos y equipos para transmitir a la información, según sea basada en conmutación de circuitos o ya utilice conmutación de paquetes. Para el enlace entre UTRAN y el MSC con CS y paquetes conmutados desde las estaciones bases hacia el SGSN de la red troncal. (3GPP, 2006)

2.9 HSPA y HSPA+

El HSPA (High Speed Packet Access), combina dos actualizaciones de la red UMTS para ofrecer al usuario de internet móvil mayores tasas de transferencia usando la misma técnica WCDMA. HSPA reduce la latencia en la transferencia de los datos y optimiza el uso del espectro radioeléctrico.

HSDPA

Se publicó en la R5 del GPP, introduce un incremento en las velocidades de transmisión en el enlace de bajada, desde la red hacia el móvil. La velocidad teórica en su clase más alta es de 14 Mbps, pero en un entorno

natural se alcanza entre 3 y 7 Mbps Para el uplink se llega a 0.384 Mbps por dispositivo.

El IMS (Subsistema Multimedia IP) también se presenta en esta norma, define especificaciones para que las redes proveen de servicios multimedia y de telefonía sobre IP, por lo cual, se transmite varios tipos de tráfico como voz, video, datos en una infraestructura para conmutación de paquetes IP, se requiere que utilice para control y señalización el protocolo SIP (Protocolo de inicio de sesión). (Johnson, 2010)

HSUPA

Presentado en el Release 6 del año 2004, consiste en mejorar en el canal ascendente, desde el terminal móvil hacia la red, la velocidad de transferencia. Nominalmente se alcanza 7 Mbps, pero en la práctica se llega a 2 Mbps en UL. Disminuye la latencia de las conexiones, se logran velocidades más simétricas, juntando los dos enlaces el de subida y de bajada, esto proporciona comunicaciones más interactivas por ejemplo para juegos en línea.

HSPA+

Es una extensión de HSPA, con velocidades teóricas de 84 y 22 Mbps en DL y UL respectivamente. Utiliza la técnica MIMO (Múltiples antenas en transmisión y recepción) con modulación 64 QAM. En la práctica los usuarios reciben 14 Mbps de bit rate. HSPA+ presenta una arquitectura basada en IP para conectar directamente las estaciones bases hacia el

núcleo de la red omitiendo a los controladores. Esta característica es incorporada desde el inicio en las redes de cuarta generación LTE.

En normativas publicadas sucesivamente se introducen nuevas especificaciones basadas en HSPA, como Dual-Carrier HSPA, que obtiene mayores velocidades al usar para la conexión más de una radiobase simultáneamente y Multi-Carrier HSPA, bajo el mismo principio para más de dos celdas.

Todas estas actualizaciones para ofrecer desde las estaciones bases mayor velocidad de conexión, deben estar respaldadas obligatoriamente por un backhaul IP, con una asignación mínima de 100 Mbps por nodo B de la red. El despliegue de HSPA+ está sujeto a este cambio necesario en la red de transporte. (Johnson, 2010)

2.10 LTE

Long Term Evolution fue presentado en el Release 8 del 3GPP. Según la norma TR 25.913, los objetivos principales de LTE son:

- Soporte de un ancho de banda flexible de hasta 20 MHz.
- Un enlace de bajada con máximo de 100 Mbps, cuando el teléfono celular tiene 2 antenas en recepción.
- Un enlace de subida con máximo de 50 Mbps, cuando el teléfono celular tiene 1 antena para transmisión.

- Latencia de 10 ms conmutando ambos sentidos de la transmisión de datos.
- Eficiencia espectral del enlace de bajada mejorada 4 veces comparado con HSDPA.
- Eficiencia espectral del enlace de subida mejorada 3 veces comparado con HSUPA.

LTE posee una arquitectura plana que minimiza el número de elementos de la red. LTE está optimizado para la conmutación de paquetes PS, pero incluye funcionalidades para gestionar conmutación de circuitos CS, como en las redes UMTS. Además permite una interoperación con las tecnologías existentes como GSM, CDMA2000 y UMTS. (Johnson, 2010)

Utiliza esquemas de modulación como QPSK, 16QAM y 64QAM con tecnología de acceso múltiple como OFDMA (downlink) y SC-FDMA (uplink). LTE se respalda en la tecnología para antenas con múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Incluye la funcionalidad de Self Organized Network (SON), lo que ayuda a automatizar la configuración de red, su optimización, la búsqueda de fallos y la gestión de fallos.

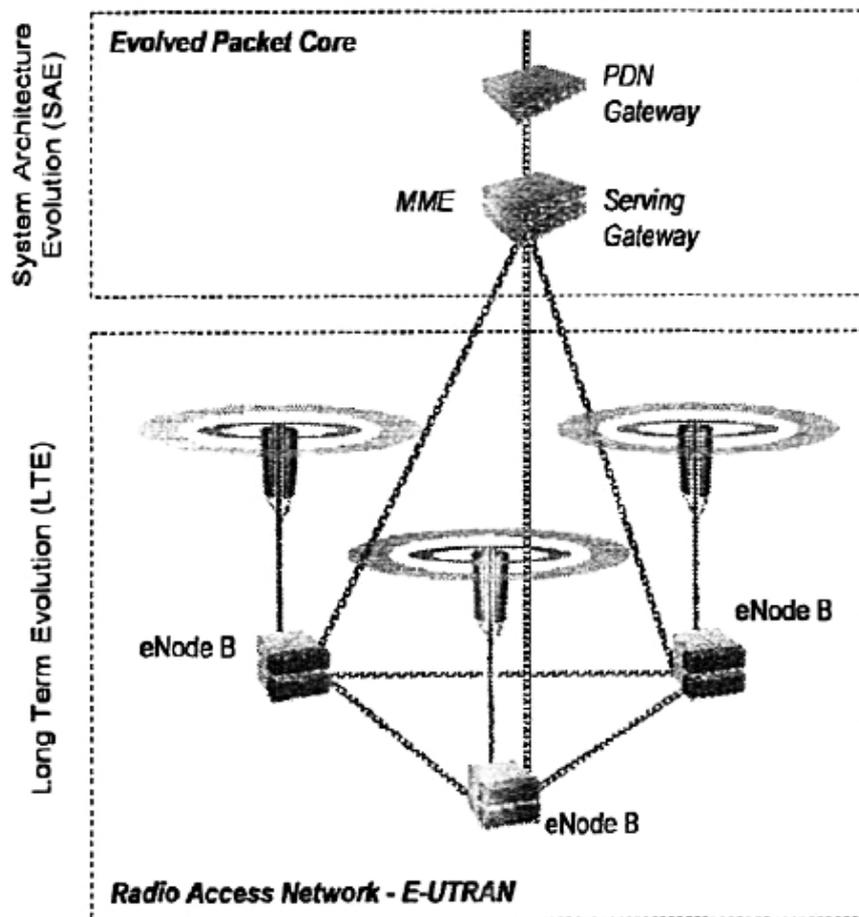


Figura 2. 15: Arquitectura de una red LTE.

Fuente: (Johnson, 2010)

La figura anterior muestra los elementos de la arquitectura de la red LTE, donde EUTRAN se refiere a su red de acceso de radio, y el SAE (System Architecture Evolution) se refiere al EPC (Evolved Packet Core). LTE utiliza una arquitectura plana sin RNC. Su eNodeB se conecta al EPC usando la entidad de gestión de movilidad (MME) para señalización de plano de control y el Serving Gateway para los datos del plano de usuario. Este Serving Gateway se conecta al PDN Gateway para conectividad a redes externas.

El 3GPP ha especificado seis anchos de banda de canal. Estos son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 2. 9: *Anchos de banda del canal estandarizados para LTE.*

	Channel Bandwidth					
	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Number of Resource Blocks	6	15	25	50	75	100
Number of Subcarriers	72	180	300	600	900	1200
Uplink Subcarrier Bandwidth (MHz)	1.08	2.7	4.5	9.0	13.5	18.0
Downlink Subcarrier Bandwidth (MHz)	1.095	2.715	4.515	9.015	13.515	18.015

Fuente: (Johnson, 2010)

Las subportadoras emplean OFDMA en el downlink y SC-FDMA en el uplink. Se tienen doce subportadoras por bloque, por lo tanto el número total de subportadoras se multiplica por el número de bloques. Cada subportadora ocupa 15 KHz, para las subportadoras en el uplink se incluye una subportadora “nula” en el centro de trama, del mismo ancho de banda (15 kHz) en la cual no se transmite información.

CAPÍTULO 3:

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS REDES SINGLE RAN

3.1 Convergencia de las Redes de Acceso de Radio

Desde los inicios de la telefonía móvil, los cambios y actualizaciones de las tecnologías, equipos y estándares estuvieron coordinados hacia una evolución y descarte de los antiguos sistemas. El paso de las redes 2G hacia redes 3G, principalmente marca la obsolescencia de equipos para mejorar los servicios.

Debido a las necesidades de los operadores se precia mantener ambas redes cooperativas, es decir ofrecer ambos servicios, con bajos costos de gestión, mantenimiento y operación, se desarrollan soluciones que permitan la coexistencia de las diferentes tecnologías y además que esta nueva solución sea a prueba de necesidad futura para implementar las redes de cuarta generación.

Esto lleva al desarrollo e implementación de redes convergentes que sean multi-estándar, multi-tecnología y multi-protocolo, que permitan utilizar diferentes medios físicos para enlazar los nodos de la red hacia la red central de conmutación.

En la actualidad, se considera utilizar equipos que permiten el trabajo de varias tecnologías, para que según lineamientos de demanda futura tener

una base sólida para proveer servicios a largo plazo optimizando la infraestructura existente.

Desde el desarrollo de la segunda generación de las redes de telefonía móvil, hay varios fabricantes de equipos que se han destacado por presentar innovaciones importantes que cumplen varias especificaciones y que trabajan bajo las condiciones climáticas más diversas. Normalmente con la expansión de las redes, los nodos de la red se encuentran esparcidos por un amplio territorio, expuestos a la intemperie.

Existe una amplia gama de equipos disponibles, para un mercado más global; equipos de estación base, equipos de transmisión, radioenlaces, equipos MPLS, soluciones híbridas, etc. Que se ajustan a las necesidades operativas y financieras.

Principalmente es una buena decisión para el operador de telecomunicaciones, adquirir equipos de un mismo fabricante para los diferentes subsistemas de la red, como son el subsistema de red de acceso y la red troncal. Esto permite un funcionamiento óptimo, pero cuando las condiciones no lo demanden se puede implementar equipos de diversos fabricantes que operan bajo las mismas especificaciones.

En el caso de la modernización de una estación base que presta servicio para redes 2G y 3G en equipos por separado, implementar una solución que ofrezca ambas tecnologías unificadas, redundando en beneficios técnicos, operativos y económicos.

Toda estación base se conecta a la red, por sus equipos de transmisión de acceso; en este apartado se pueden implementar soluciones muy variadas según la actual carga de tráfico de la red y la previsión de crecimiento según estudios de ingeniería de tráfico, densidad poblacional y la evolución tecnológica de estándares. Las estaciones bases tienen un radioenlace con antenas microondas con la línea de vista para enviar y recibir los datos al BSC/RNC o hacia otras estaciones bases según la configuración predeterminedada. Los radioenlaces Ethernet se utilizan en 3 configuraciones:

- TDM (PDH/SDH)
- Híbrido (TDM/Ethernet)
- Ethernet Puro

3.2 Radioenlaces Ethernet

El radioenlace es el conjunto de equipos necesarios en ambos extremos para el envío de datos entre dos puntos distantes usando las ondas electromagnéticas de alta frecuencia (en el orden de las microondas) con parámetro de línea de vista; la transmisión usa el concepto de duplexión y se pueden dividir según varias características (Muñoz Jimenez, 2013):

Tabla 3. 1: Clasificación de los radioenlaces Ethernet según diferentes parámetros.

Según Tecnología	SDH PDH Ethernet Híbrido (Ethernet + PDH)
Según Protección	Con protección: configuración 1+1 Sin protección: configuración 1+0
Según Capacidad	Baja capacidad < 40Mbps Media capacidad Alta capacidad > 100Mbps

Fuente: Propia.

Los radioenlaces que utilizan tramas Ethernet para la transmisión de datos con propagación por aire son la evolución de los radioenlaces con tecnología TDM que enviaban tramas E1/STM1 de la jerarquía PDH/SDH, Las ventajas con respecto a estos últimos son destacables:

- Modulación adaptativa en función de las condiciones del clima
- Reportan datos estadísticos dinámicos sobre ocupación y carga
- A través de la multiplexación estadística, con la técnica de agregación de enlaces, los enlaces lógicos comparten su capacidad.
- Mayor tasa de transferencia, de hasta 300 Mbps con modulación 256QAM
- Proveen de servicios legacy (TDM/ATM)

Una de las características más importantes es la modulación adaptativa, este concepto se refiere, a que según las condiciones del clima, se puede

utilizar diferentes niveles de modulación, que desarrollan mayor tasa de bits a transmitir, según los niveles que establece el departamento de transmisión del operador, el radioenlace debe asegurar máximos y mínimos de datos a transmitir bajo cualquier condición externa como pérdidas por interferencia de enlaces vecinos u otras causas.

Según la calidad del enlace empeora, el esquema de modulación disminuye y a su vez la capacidad, en los enlaces híbridos (TDM + Ethernet), la disminución afecta al flujo Ethernet, pero no debe complicar a las tramas bajo TDM, pues se caería el enlace. Por lo tanto el diseño del enlace debe ser para el peor caso del canal, y este debe cubrir mínimo el tráfico TDM en los enlaces híbridos. (Muñoz Jimenez, 2013)

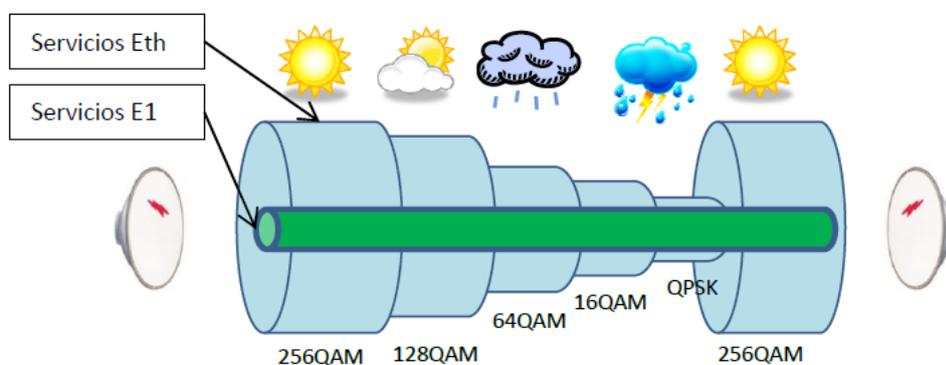


Figura 3. 1: Radio enlace Ethernet con modulación adaptativa.

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013).

Los radioenlaces híbridos dividen su capacidad para las tramas E1, con el denominado servicio legacy TDM, similar al radioenlace SDH; y el flujo Ethernet basado en IP. Existen varias marcas que ofrecen equipos que

cumplen con estas características, por ejemplo Ericsson con Traffic Node y Huawei con la serie RTN.

Para los radioenlaces que basan su sistema para tramas Ethernet nativas, se consideran diferentes protocolos para llevar el tráfico original según sea TDM o ATM. Se crean PW (pseudowires IMA) para transportar tráfico ATM (IMA E1). Para transmitir tráfico TDM se implementan circuitos CES, en equivalencia por E1s, imitando un circuito punto a punto. Para el tráfico IP sobre tramas Ethernet se crean servicios E-line, con parámetros de identificación ID VLAN Service para cada estación base de la red. NSN ofrece equipos bajo estas características en su serie Flexi Packet.

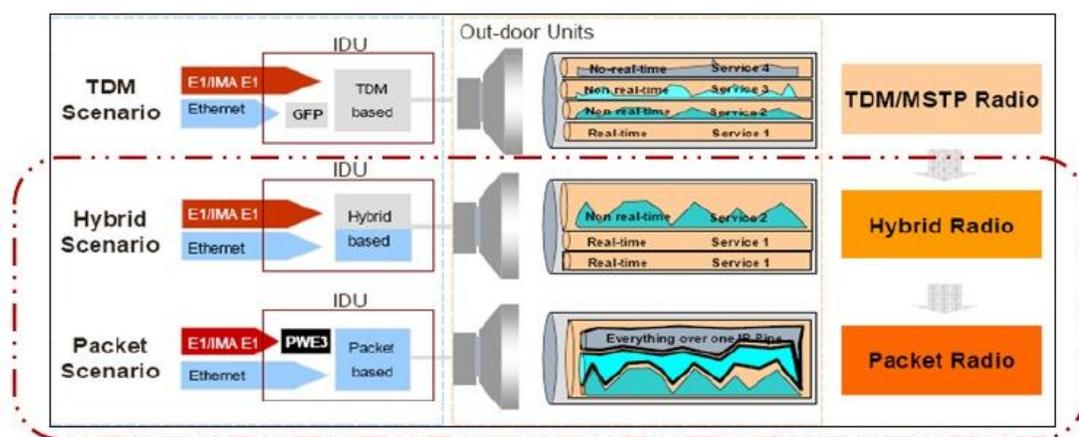


Figura 3. 2: Bloques funcionales de radioenlaces Ethernet y TDM, en versión híbrido y nativo.

Fuente: (Muñoz Jimenez, 2013).

3.3 Características de Diseño de un Radioenlace Ethernet

Las implicaciones del diseño de un radioenlace Ethernet recogen los principios y parámetros que utilizaban los radioenlaces PDH. Los ingenieros encargados de esta tarea se enfrentan a varias condiciones que en la actualidad se resuelve con el uso del diseño asistido por computadores. Su principal enfoque debe ser la evaluación de los parámetros, realizar simulaciones y obtener los valores finales de potencia, margen de fading, entre otros.

El despliegue de radioenlaces Ethernet se utiliza para la instalación de nuevas estaciones bases o a su vez para recambio de radioenlaces en funcionamiento. Los parámetros de diseño que se miden son de 2 clases:

Tabla 3. 2: *Variables de diseño de un radioenlace Ethernet.*

Parámetros iniciales	Parámetros calculados/elegidos posteriormente
Potencia Transmitida (dBm)	Canal de frecuencia
Modulación nominal y de referencia	
Tipo y diámetro de las antenas	Potencia Recibida (dBm)
Configuración 1+1/1+0	Disponibilidad anual estimada
Ganancia de antenas (dB)	Pérdidas de Propagación (dB)
Banda de frecuencia de funcionamiento	Margen de fading
Pérdidas en conectores, guías, etc. (dB)	Grado de interferencia con radioenlaces vecinos
Atenuación por lluvia (modelos)	Polarización
Altura de las antenas	

Fuente: *Propia.*

Las variables de diseño que se evalúan son:

Banda de frecuencias: Por asignación se utilizan los niveles de frecuencia entre 14-40ghz. Las bandas más bajas se utilizan para enlaces de mayor distancia y las bandas de alta frecuencia se emplean para enlaces de corta longitud, ya que al operar en bandas de frecuencia más altas, la atenuación aumenta en forma proporcional. Se debe verificar que los radioenlaces vecinos no trabajen en la misma banda de frecuencia. (Muñoz Jimenez, 2013)

Disponibilidad Estimada: tiempo de funcionamiento correcto del radioenlace, debe llegar a porcentajes cercano al 100% al año. Para el cálculo de este parámetro se verifican informes meteorológicos de mínimo 5 años atrás del sitio del emplazamiento y se crean modelos matemáticos de precipitaciones para las condiciones futuras.

Diámetro de antenas: Por consideraciones de obra civil solo se instalan antenas de diámetros pequeños como 20cm, 30cm, 60cm, 90cm y 1.2m para no tener un sobrepeso en las estructuras de torres, monopolos, mástiles y torretas. Al utilizar antenas de diámetro mayor se garantiza que la potencia de recepción es mayor, esto nos indica la relación proporcional entre el diámetro de las antenas y la potencia recibida.

Margen de desvanecimiento: Este parámetro debe ser mayor a 10dB, nos indica la diferencia entre la potencia recibida y el umbral en que se cae el enlace.

Potencia Recibida: Para un requerimiento mínimo de la capacidad del enlace, esta variable debe tener valores entre -30 y -45 dBm en el extremo de recepción.

Modulación Nominal y Modulación de Referencia: Los radioenlaces Ethernet utilizan modulación adaptiva con niveles llamados nominal, el más alto posible, que puede ser 256QAM; y el de referencia, con el menor esquema de modulación (QPSK). Para sustituir un radioenlace PDH se recoge el nivel de modulación anterior.

Cálculo de Interferencias: Los ingenieros de transmisión deben asegurar un factor de degradación menor a 0.4dB; generalmente en zonas urbanas las estaciones bases utilizan varios radioenlaces, se debe evitar la interferencia de los mismos por solapamiento de canales en la misma banda de frecuencias o por modulaciones interferentes.

Elección del canal: Al operador de telecomunicaciones se le asigna - bajo el sistema de concesión por el regulador - un espectro de frecuencias con un ancho de banda dedicado y dividido en canales; estos canales son dúplex y se pueden configurar para diferentes anchos de canal, es decir que en un espacio de 100 MHz se puede ubicar canales de 4, 8, 16 y hasta 30 MHz según los requerimientos. Según la elección del ancho de canal se puede comprometer la fiabilidad del enlace, ya que canales más anchos limitan el uso del espectro en ese sitio. También se puede caer en errores de creer que mayor ancho de canal repercute en mayor tasa de bits de transmisión;

puesto que esto restringe a los canales vecinos de la misma banda de frecuencias.

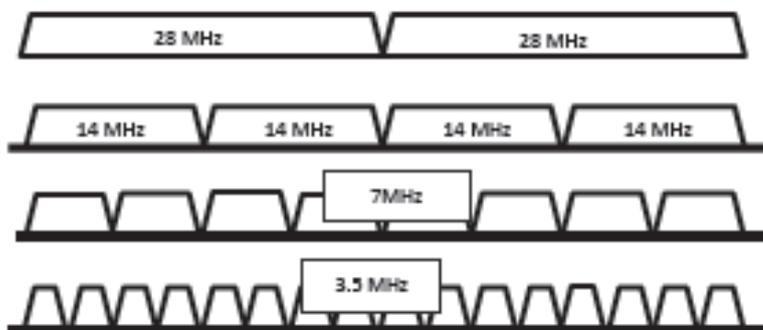


Figura 3. 3: Canales de diferentes anchos para una banda de frecuencia asignada.

Fuente: Propia.

Polarización: Se utiliza la polarización vertical, en vista de que la polarización horizontal se ve afectada por interferencias de las transmisiones de otros servicios como señales de tv y radiodifusión; y factores climatológicos.

Se consideran algunos parámetros para evitar las interferencias:

- Se recomienda la reutilización de los canales, es decir evitar pérdidas por interferencia de radioenlaces cercanos; en la medida de los lineamientos usar los canales del extremo de la banda de frecuencia.
- En un mismo sitio configurar todos los transmisores en un solo modo, todos Low o todos High, es decir la transmisión única en la banda baja del canal y la recepción única en la parte alta del canal.

Otras opciones para mejorar la fiabilidad del radioenlace son:

- Situar la señal en el canal menos saturado
- Utilizar antenas más directivas/ disminuir la potencia de transmisión
- Cambiar la polarización H/V o pasar a otra banda de frecuencia.

3.4 Radio enlace Ethernet Híbrido RTN (Huawei)

Este equipo proporciona transporte tanto de tráfico Ethernet como TDM por E1s de forma nativa.

Los equipos de esta serie ofrecen características de red que permiten aprovisionamiento, gestión y diagnóstico remotamente. Dan soporte para enviar tráfico full IP para las redes de nueva generación, incluyen características de modulación referencial y adaptativa; además con la función de compresión de header de la trama Ethernet, el operador logra reducir costes por bit transmitido.

Los equipos más utilizados en las redes de transmisión de acceso son RTN 620, 910, 950 y 980. En la capa de acceso se implementa el RTN 910; para los nodos convergentes 2G/3G se instala el RTN 950 porque permite ubicar más direcciones de frecuencia. El RTN 980 soporta hasta 13 direcciones de radiofrecuencia con una interfaz de extracción e inserción. Estos equipos se dividen en tres elementos: la unidad interna IDU, la unidad externa ODU y la antena propiamente dicha.

Con los equipos del fabricante se logra la convergencia hacia todo IP, se provee a la red de acceso móvil de un backhaul competente, que trabaje con

los estándares de la red sean 2G/3G y eligiendo la temporización y tecnología óptimas para la red sean estas Ethernet o IEEE1582v2. Soporta la sincronización de frecuencia para las con GSM/UMTS/LTE. (Muñoz Jimenez, 2013)

La capacidad del enlace puede llegar a un máximo de 2 Gbit/s por la tecnología de compresión de los header de las tramas Ethernet y la función XPIC, esta capacidad es suficiente para proporcionar servicio de cuarta generación LTE, según este estándar un nodo de la red mínimo debe ofrecer tasas de 1 Gbit/s. Otra característica que ofrecen los equipos RTN es la agregación de enlaces (LAG) con la configuración N+0 con capacidad máxima.

Los equipos RTN 900 emplean la modulación adaptativa, con lo que dinámicamente el radioenlace ajusta el esquema de modulación y por consiguiente la tasa de transferencia según las condiciones de tráfico y carga de la red, logrando eficiencia del espectro.

Desde la perspectiva financiera, instalar la plataforma de convergencia de radioenlace RTN ayuda a disminuir los gastos de capital y de operación (CAPEX y OPEX); con lo cual el operador de servicio móvil avanzado logra eficiencia en la operación del negocio. Los equipos RTN900 permiten la gestión remota por medio del Network Management System en radioenlaces con servicio extremo a extremo sean estos de microondas o de guía de onda como la fibra óptica.

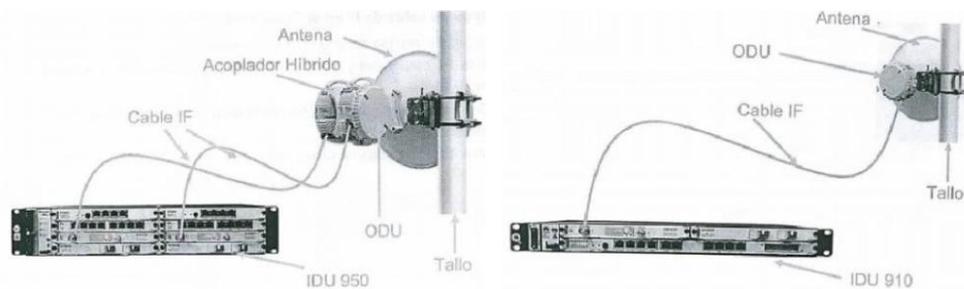


Figura 3. 4: Equipos que conforman el RTN, unidad interna IDU, unidad externa ODU y antena.

Fuente: Propia.

3.5 Equipos para Radiobase (Huawei)

Desde hace pocos años la corporación china Huawei se ha destacado en el sector de las telecomunicaciones por proveer de equipos para todos los subsistemas de las redes de telefonía móvil. Ofrece soluciones desde cero para instalar una red completamente nueva y además terminales como teléfonos inteligentes de diferentes gamas. La combinación de productos con alto rendimiento a precios realmente competitivos, ha llevado a esta empresa a obtener contratos de implementación de redes 3G y LTE en muchos países rivalizando con las grandes marcas de sector como Alcatel-Lucent, NSN y Ericsson.

Para los nodos B, ofrecen dos tipos de soluciones de las series 3800 y 3900 con la variable de BTS o de DBS (Distributed Base Station), ambos equipos permiten diversos modos de transporte en la interfaz Iub para redes 3G, es decir por enlace microondas o la conexión a un anillo de fibra óptica de las redes MAN. Estos equipos dan soporte a ambas tecnologías 2G/3G, permite la desinstalación de antiguos equipos 2G que consumen mucho

recursos especialmente energía y ayuda a reducir el tamaño de los sitios de la red de acceso.

Estas nuevas estaciones basan su comunicación hacia todo IP, estos equipos trabajan con el estándar Fast Ethernet con capacidad de 100 Mbps; con lo cual el operador tiene una red convergente hacia conmutación IP, en todos los tramos de la red; desde su red central hasta el subsistema de estación base que provee servicio al usuario.

Específicamente el equipo DBS 3900, ofrece características y funciones muy importantes, ya que al ser del tipo distribuido ofrece escalabilidad, diseño en módulos y es de fácil integración e implementación. Esto da como resultado la optimización en varios ítems como consumo energético, reutilización de antenas y líneas de transmisión.

Los dos equipos de hardware principales son:

- RRU/MRFU/WRFU: Remote Radio Unit – Unidad De Control De Radio Remoto
- BBU: Base Band Unit – Unidad Central De Procesamiento En Banda Base

3.6 BBU – Unidad Central De Procesamiento En Banda Base

Es un pequeño gabinete que en la parte frontal tiene los puertos externos para la comunicación con el controlador de red. Gestiona las señales que transmite y recibe el nodo y como su nombre lo indica procesa las señales

en banda base que luego se envían a las unidades de radio externas. Su configuración modular permite la agregación de funciones según la tarjeta que se instale.

Existen tres subsistemas que conforman la Unidad de Banda Base:

Subsistema de Control: realiza la gestión de todo el nodo, provee del sincronismo del reloj del sistema, a través de la interfaz lub; procesamiento de los protocolos de señalización NBAP, SCTP y ALCAP. Dentro de las tareas de gestión realiza también la configuración de alarmas por software.

Subsistema de Transporte: Es el que provee de las conexiones físicas usando los puerto FE/GE en interfaz eléctrico u óptico; y los puertos E1 para transmitir los datos al Radio Network Controller. Este subsistema ofrece un canal dedicado para conectarse a los centros de gestión de la red del operador.

Subsistema de Banda Base: Realiza el procesamiento en banda base de los enlaces DL/UL, con demodulador/decodificador en UL y con modulador/codificador en DL; ambos enlaces con un módulo de procesamiento. La interfaz CPRI (Common Public Radio Interface) conecta a través de fibra óptica el BBU con el RRU.

La unidad cuenta con el módulo de energía, que nivela las tensiones DC requeridas para todas las tarjetas en funcionamiento.



Figura 3. 5: BBU para sistemas DBS3900.

Fuente: Propia.

Además cuenta con dos puertos USB mediante los cuales, el técnico puede realizar en sitio varias pruebas de operación y mantenimiento como actualización de software y control de sincronismo de la señal de reloj.

Por su diseño modular, se pueden ubicar varias tarjetas en el BBU, para los requerimientos de la estación base; que pueden ser:

UFLP y UELP: Da protección contra subidas en la tensión DC para los puertos Ethernet y E1s.

UTRP (Unidad de Procesamiento de Transmisión Universal): Esta tarjeta permite ampliar el número de E1s, normalmente no se la utiliza, ya que con los puertos E1s de la tarjeta WMPT es suficiente; se utiliza para configurar emplazamientos solo 2G.

UPEU: Da soporte a los sistemas de alimentación de todo el BBU, incluido las tarjetas en funcionamiento.

FAN Unit: Como todo equipo electrónico, necesita de disipar el calor, mantener los componentes a temperatura de trabajo y controla los ventiladores; de eso se encarga esta tarjeta.

GTMU (GSM Transmission & Timing Unit): Permite la transmisión en estándar 2G (GSM), es de carácter opcional, pero sirve principalmente para dar servicio a ambas tecnologías (2G/3G) con un solo equipo de procesamiento. Tiene los puertos con interfaz CPRI para conectar a las radios RRU.

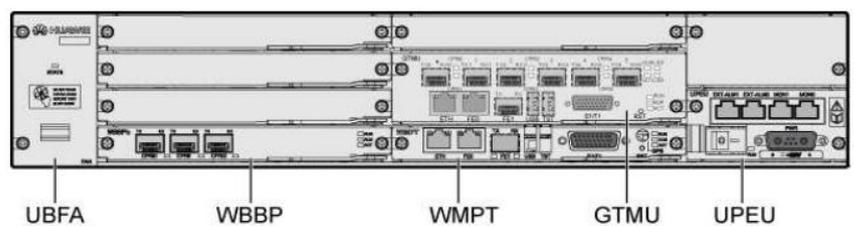


Figura 3. 6: Vista del panel frontal del BBU y las tarjetas para transmisión de varias tecnologías.

Fuente: Propia.

WMPT (WCDMA Main Processing & Timing Unit): Esta tarjeta proporciona el servicio para la red 3G, es básica en la configuración de un nodo B; cuenta con puertos para la transmisión desde el nodo al RNC/BSC por E1s (cuatro puertos) o por FE óptico (anillo fibra óptica)/ FE eléctrico (radio enlace). Las funciones de control en sitio para pruebas y mantenimiento se las puede realizar con los puertos Ethernet y USB disponibles.

WBBP (WCDMA Baseband Processing Unit): Con disponibilidad de puertos para hilos de FO con la interfaz CPRI, envían y reciben la señal a las unidades de radio MRFU/WRFU/RRU; con configuración de protección redundante.

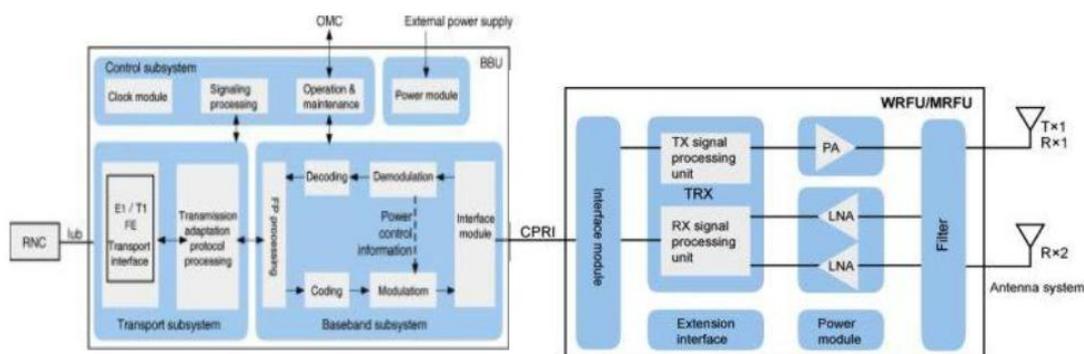


Figura 3. 7: Bloques funcionales de los equipos BBU y RRU en un sistema DBS.

Fuente: Propia.

Para la gestión del nodo, estos equipos emplean el software TOE (Target of Evaluation); el personal técnico puede implementar mejoras remotamente usando el servidor M2000. Este software por sus características nos permite definir varios perfiles de usuarios que pueden ser administradores o invitados, solo lectura, etc.

Por asignación se utilizan los niveles de frecuencia entre 14- 40ghz. Las bandas más bajas se utilizan para enlaces de mayor distancia y las bandas de alta frecuencia se emplean para enlaces de corta longitud, puesto que la atenuación de las señales es directamente proporcional a la banda de frecuencia de uso. Se debe verificar que los radioenlaces vecinos no trabajen en la misma banda de frecuencia.

3.7 RRU – Unidad Remota de Radio

Una o más unidades RRU conforman la parte de radiofrecuencia de la estación base distribuida. Pueden ser instaladas en polos, en soportes en paredes o en escaleras. Se recomienda instalarlas cerca de las antenas para reducir las pérdidas de señal por la longitud de las guía de onda y mejorar la cobertura de todo el sistema. RRU soporta las funciones como modulación / demodulación de las señales en banda base y señales RF, procesamiento de datos, amplificación de potencia y detección de ondas estacionarias.

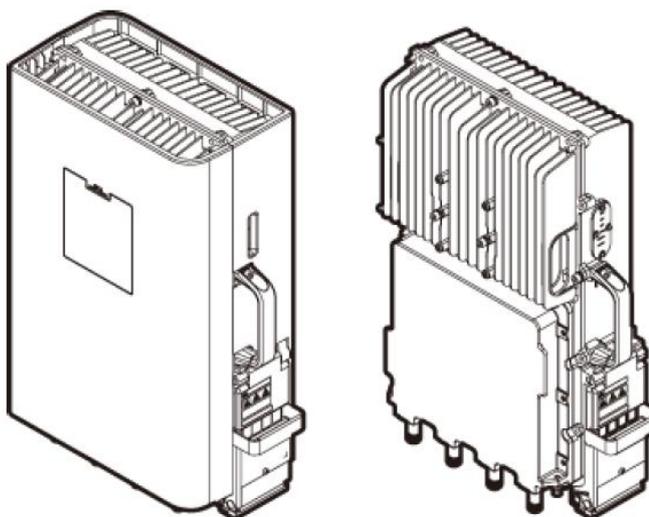


Figura 3. 8: Vista exterior de la unidad de radio remota

Fuente: Propia.

3.8 APM – Modulo de Energía Avanzado

Es un sistema de energía para aplicaciones outdoor, proporciona fuente de energía y respaldo de baterías para instalaciones al aire libre de estaciones bases. Contiene espacio en su interior para alojar a la unidad

BBU y otros equipos del proveedor de servicio como DCDU y routers IP, con lo cual se facilita el despliegue rápido de las ampliaciones de red. Es un equipo compacto de peso liviano, puede ser instalado en un polo con sus respectivos herrajes o sobre lozas de hormigón.

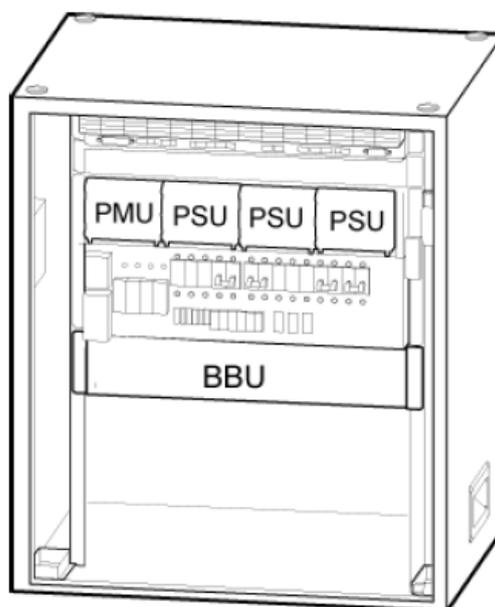


Figura 3. 9: Vista exterior del equipo APM en donde se puede colocar BBU y DCDU.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 4:

ANALISIS Y REQUERIMIENTOS PARA MODERNIZAR UNA ESTACION BASE CON TECNOLOGIA SINGLE RAN

4.1 Reseña General

El objetivo principal de este capítulo es comprobar si 3 parámetros se cumplen para implementar equipos Single RAN en la radio base “La Joya”, estos son el análisis de cobertura para establecer un radioenlace de alta capacidad con interfaz IP, la capacidad de los sistemas eléctricos instalados y las mejoras en el espacio físico.

El análisis para establecer un radioenlace IP nos permite concluir hacia qué lugar apuntar la microonda, determinar a cual estación base vecina se debe escoger para hacer el enlace punto a punto.

La Urbanización “La Joya” está ubicada en la parroquia urbana satélite “La Aurora” del cantón Daule, con aproximadamente 22000 habitantes - según datos del censo nacional del año 2010 - y con tasas de crecimiento de población de 5% al año; es un desarrollo inmobiliario relativamente joven, con menos de 10 años. Tiene ciudadelas con casi 400 viviendas cada una. (El Universo, 2014)

Actualmente cuenta con una estación base que ofrece tecnología GSM/UMTS. Este crecimiento de usuarios aumenta la demanda de servicios de telefonía móvil como HSPA y HSPA+. Debido a esto el operador de

telecomunicaciones debe modernizar su red de acceso para cumplir con la demanda de los usuarios.



Figura 4. 1: *Mapa General de la urbanización "La Joya"*

Fuente: *Propia.*

La estación base recibe y transmite el tráfico de datos hacia la red central por medio de un radioenlace de baja capacidad SDH.

La actualización hacia equipos full IP es necesaria puesto que la tendencia en las redes de telecomunicaciones así lo confirma, es hardware a prueba futura y con una amortización en términos técnicos y financieros. El radioenlace con interfaz Ethernet/IP, ofrece las características de convergencia con tecnologías anteriores como PDH/SDH que utilizan conmutación de circuitos con técnica TDM.

4.2 Elección de punto de recepción para el Enlace IP

Las redes celulares dan servicio por celdas con estaciones bases ubicadas en el centro de las mismas; estas radiobases tienen un radioenlace de acceso que es, el que les permite el envío/recepción de los datos. En la actualidad existen 2 estaciones dentro de un radio de 6km cerca a la estación base “La Joya”, estas son “Altos del Rio” y “Av. Febres Cordero”. Se realizará un análisis de factibilidad a través del programa TAP de la empresa SoftWright, para elegir qué punto es el indicado.

Se utilizarán las antenas Katrein modelo VHPL -142 que se conectarán a las unidades IDU/ODU del equipo RTN950 Huawei mediante cable RG.

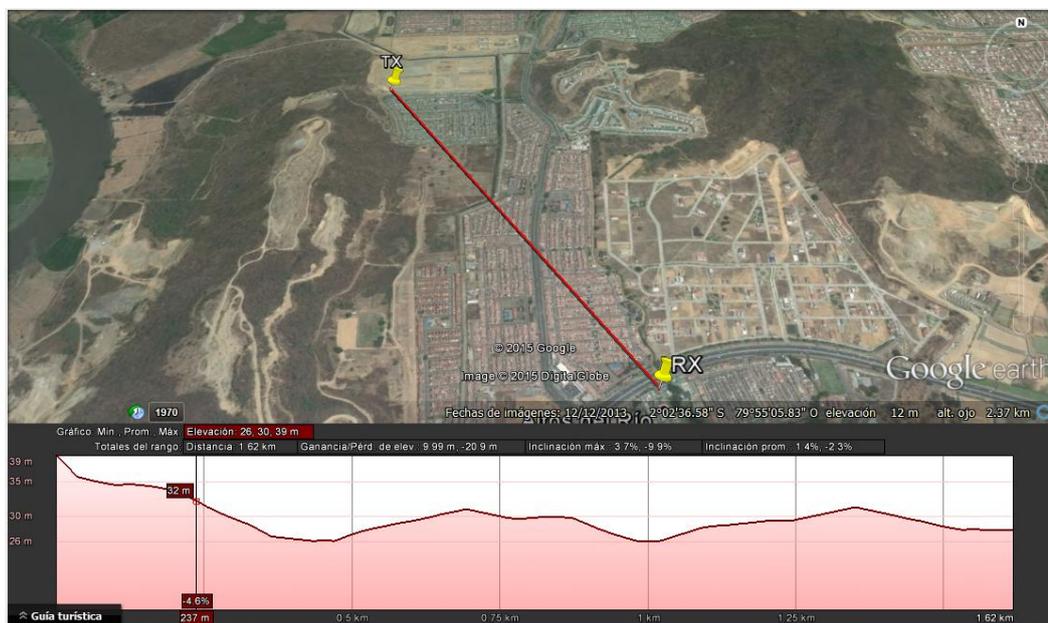


Figura 4. 2: Perfil de elevación y distancia entre los puntos del enlace de radio.

Fuente: Propia.

Los equipos para la comunicación en ambos lado del enlace cuentan con las siguientes características:

- Banda de frecuencia 6.0 GHZ
- Ganancia de Antena 32.6 dBi.
- Diámetro de la antena: 0.30 metros
- Potencia de salida: 6.457 W (38.1 dBm)
- Supervivencia al viento: 250 km/h.

Las antenas se instalaran a 30m de altura en ambos puntos, ya que por ser una zona residencial y actualmente en expansión no es necesaria una mayor altura; además la estructura de soporte es un monopolo hexagonal de 30 m en ambos sitios. El punto de recepción escogido es la radiobase “Altos del Río”

4.3 Simulación Virtual del Radioenlace

Según los parámetros y especificaciones técnicas de los equipos, se realiza la simulación la que nos indicara si los resultados son óptimos para implementar el radioenlace IP.

Sitio Tx: “La Joya”

Coordenadas: Latitud 2:02:16.8 S/ Longitud 79:55:12.9 W

Frecuencia: 6.0 GHz

Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (EIRP): + 38.01 dBm

Sitio Rx: "Altos del Rio"

Coordenadas: Latitud 2:02:59.07 S/ Longitud 79:54:42.9 W

Threshold (Umbral): -98.00 dBm

(Digital 10 -6 BER (Bit Error Rate)).

Trayectoria:

Distancia: 1.61 Km

- Orientación (Bearing) Tx a Rx: 144.89 deg True.
- Inclinación: +0.71 deg
- Orientación (Bearing) Rx a Tx: 122.21 deg True.
- Inclinación: -0.71 deg

Atenuación de la trayectoria: -112.17 dB

Perdida por absorción: -0.01 dB.

Atenuación Por llluvias: .00 dB.

Perdida por alienación: .00 dB.

Nivel de Recepción de la Señal: -52.66 dBm

- Margen de Desvanecimiento: +45.34 dB.
- Factor del Terreno (a): 1.000 (SPEC)
- Factor del Clima (b): .500 (SPEC)

Fiabilidad: 99.999978%

Interrupción: 1 Segundo/Años

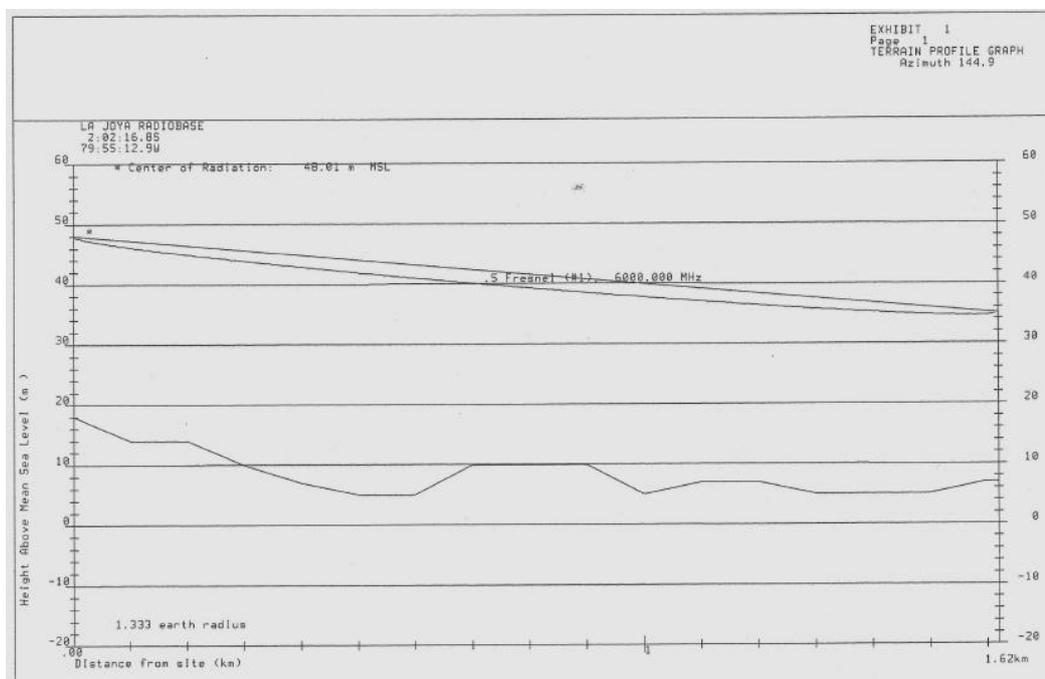


Figura 4. 3: Perfil de topografía del radioenlace según los resultados de la simulación.

Fuente: Propia.

Según los resultados; la frecuencia y potencia de transmisión utilizada nos devuelven un nivel de recepción de la señal adecuada, por lo que la fiabilidad del enlace es óptima, además de contar con línea de vista y asegurar la primera zona de fresnel en recepción con niveles muy buenos para señal lo que significa que tiene poca degradación. Además de este análisis se incluye los valores calculados de campo eléctrico por secciones dentro del radio de la comunicación, que es de 1.67 km; en la tabla a continuación se presentan estos resultados.

Tabla 4. 1 : Valores de intensidad de campo eléctrico desde el punto de transmisión con azimut y potencia determinados.

Azimut (°)	Potencia (W)	Distancia (Km)	Intensidad Campo Eléctrico (dBu)
144.9	6.457	0.00	139.00
144.9	6.457	0.10	104.85
144.9	6.457	0.20	98.91
144.9	6.457	0.30	95.42
144.9	6.457	0.40	92.94
144.9	6.457	0.50	91.01
144.9	6.457	0.60	89.43
144.9	6.457	0.70	88.09
144.9	6.457	0.80	86.94
144.9	6.457	0.90	85.92
144.9	6.457	1.00	85.00
144.9	6.457	1.10	84.18
144.9	6.457	1.20	83.72
144.9	6.457	1.30	82.73
144.9	6.457	1.40	82.09
144.9	6.457	1.50	81.49
144.9	6.457	1.60	80.93
144.9	6.457	1.62	80.83

Fuente: Propia.

La intensidad de campo eléctrico de 6627.694 uV/m, el cual es un resultado que cae entre los rangos esperados y es aceptable para el tipo de datos a transmitir. Al cumplir este primer paso nos podemos enfocar en las optimizaciones de obra civil, de energía eléctrica y técnicas/operativas dentro de la estación base para ubicar los nuevos equipos Single RAN.

4.4 Análisis de la capacidad de los sistemas eléctricos instalados

La estación base recibe la energía eléctrica de la red pública a baja tensión, en el sitio se tiene un transformador dedicado para convertir la energía de AC hacia DC.

Además se cuenta con una planta propia de energía DC con rectificadores, este equipo proporciona la energía eléctrica a 48v DC con el amperaje especificado para cada equipo de la estación base. Los equipos Single RAN cuentan con el modulo auxiliar de energía APM, en donde se ubican adicionalmente un banco de baterías y un convertidor DC según características del sitio. La unidad DCDU energiza la unidad BBU y las unidades de radio RRU.

Se debe considerar con atención este apartado puesto que, cualquier modernización o implementación es inviable sin los requerimientos de energía óptimos para su funcionamiento. En caso de cortes de energía de la red pública, se cuentan con bancos de baterías suplementarios que trabajan por periodos de tiempo cortos para energizar todos los equipos.

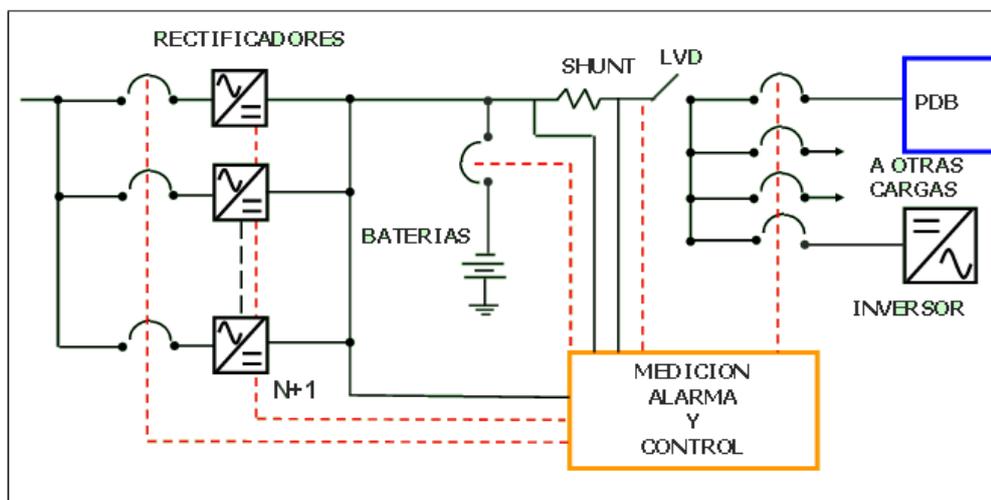


Figura 4. 4: Diagrama básico de un sistema DC para estaciones de telecomunicaciones

Fuente: Propia.

4.4.1 Sistema de Energía AC

La estación base toma la energía de la red pública en baja tensión AC, se tiene instalado un transformador único para el sitio con capacidad de 75 KVA tipo “pad mounted”. Se ha implementado un sistema AC interior con un tablero de distribución tipo nicho. Existe un breaker para medidor externo de 70 A. También se tiene instalado un breaker en el tablero principal AC de 2 polos con 70 A.

En el tablero principal AC se conecta la planta de energía DC, esta es la encargada de energizar todos los equipos del sistema de la radio base. Generalmente existe capacidad tanto en el tablero AC como en el sistema DC pero esto se confirma con visitas técnicas en donde se revisa todos los sistemas de energía principales como los de respaldo.

Los sistemas de respaldo AC que se utilizan son los generadores, actualmente en este sitio no se ha implementado ninguno.



Figura 4. 5: Tablero de breakers AC

Fuente: Propia.

4.4.2 Planta de Energía DC

La planta de energía DC, es el sistema de alimentación principal para todos los módulos tanto de 2G/3G, los equipos de radioenlace, los routers y sistemas de alarmas. Comercialmente se encuentran disponibles 4 tipos según el tipo de sitio en la red y la capacidad de sus rectificadores (W). En la siguiente tabla se muestran las marcas más utilizadas.

PLANTA ENERGIA DC	CAPACIDAD RECTIFICADORES(W)
POWER ELTEK	3000
POWER ONE	2000
NUSS	1300
MICROPOWER	1000

Tabla 4. 2 : Capacidad de los rectificadores para cada modelo de planta de energía DC.

Fuente: Propia.

En esta radiobase se utiliza una planta DC “Eltek” con capacidad por rectificador de 3000W. Se la ubica en un rack específico para los sistemas

de energía, en la parte superior esta los breakers de distribución de todos los elementos actualmente conectados y se puede ver si hay breakers disponibles para conectar las nuevas cargas.



Figura 4. 6: *Power Eltek instalada y los breakers con las barras de tierra.*

Fuente: *Propia.*

En la visita técnica respectiva, se comprueba si no debe instalarse nuevos rectificadores, si es necesario instalar breakers para alimentar las nuevas cargas.

Para calcular si es necesario instalar nuevos rectificadores se utiliza la siguiente fórmula, que nos indica la capacidad actual instalada:

$$CAPACIDAD\ ACTUAL(A) = \frac{(\#RO - 1) * CR}{54}$$

Figura 4. 7 : *Formula para el cálculo de la capacidad instalada en (A)*

Fuente: *Propia*

Donde RO, indica el número de rectificadores en operación, CR, la capacidad del rectificador en watts, y 54 es una constante de voltaje. Para esta estación base el amperaje de las nuevas cargas, es decir los equipos de modernización es 72 A, que se agregaran a la carga actual, en la planta de energía DC existen visor LCD donde se muestra el voltaje y corriente de los equipos actualmente conectados. Se conto el numero de breakers y su condición. La siguiente tabla muestra los valores recogidos.

PANEL DISTRIBUCION DC			
CAPACIDAD INSTALADA EN ELTEK (A)		166,67	
# RECTIFICADORES EN OPERACIÓN		4	
# MAXIMO RECTIFICADORES		6	
# BREAKERS UTILIZADOS		22	
# BREAKERS LIBRES		15	
# ESPACIOS DISPONIBLES		1	
CONSUMO NUEVOS CARGAS (A)		72	
CAPACIDAD DISPONIBLE (A)		16,67	
REQUIERE NUEVO RECTIFICADOR?	NO	# RECTIFICADORES NUEVOS	N/A

Tabla 4. 3 : Resumen de la capacidad (A) y el número de breakers en panel DC

Fuente: Propia

4.5 Mejoras en el Espacio Físico

La instalación de equipos se realizará según la disposición de espacio físico en el sitio, si se debe realizar mejoras se las considerara como obra civil complementaria. El equipamiento actualmente desplegado en el sitio se encuentra a la intemperie, es decir no están ubicados en un cuarto de equipos destinado para ese fin.

La nueva instalación toma las guías de onda ya ubicadas para los equipos GSM, estos cables se reconectan a las antenas si tienen la longitud necesaria. En caso contrario se pide nuevos cables que cumplan con las especificaciones de los anteriores. Estos cables puede ser de dos tipos “feeder” y “jumper”, y ambos pueden tener variantes por sus tipos de conexión, es decir por sus conectores, por ejemplo el “jumper” tiene dos tipos de conexión M-M y M-H. Por su parte el “feeder” tiene solo conectores M-M.

Se utiliza este tipo de configuración porque las unidades de radio externas RRU y las antenas sectoriales, sean estas de cualquier fabricante tienen solo conectores H-H, por especificaciones de normas internacionales.

Para conectar las unidades de radio remotas RRU a la unidad de procesamiento en banda base BBU, se utilizan cables de fibra óptica mono modo que trabajan con interfaz CPRI y modulación CWDM. Se coloca un cable por conexión. Además se recomienda la puesta a tierra de todos los elementos de este sistema de telecomunicaciones.

Primordialmente se recomienda la puesta a tierra del nuevo equipamiento a instalar como es la BBU, DCU, las RRU y la guía de onda, es decir el cableado que va desde las unidades de radio hacia las antenas sectoriales.

El enfoque principal de este análisis tiene que ver con los equipos de procesamiento en banda base y los transmisores de radio frecuencia RF, es decir no se realizarán cambios de las antenas sectoriales puesto reciben la

señal de las unidades de radio remota por las mismas guías de onda utilizadas anteriormente, y además según sus especificaciones trabajan en las bandas de frecuencias ya concesionadas al operador que son de 850-1900 GSM y 850 UMTS.



Figura 4. 8: *Proyección de los equipos a instalar y la obra civil complementaria*

Fuente: *Propia*

4.6 Modernización de equipos de la estación base

La modernización consiste realizar los tres pasos anteriores, la instalación del enlace IP con soporte TDM (PDH/SDH), la verificación de la existencia de espacio para nuevas cargas en el sistema eléctrico y las obras complementaria de ingeniería civil como loseta de hormigón, instalación de

escalerillas; y en si determinar los tiempos de trabajo para no interferir con el funcionamiento regular de los equipos actuales.

4.6.1 Equipos instalados actualmente operativos

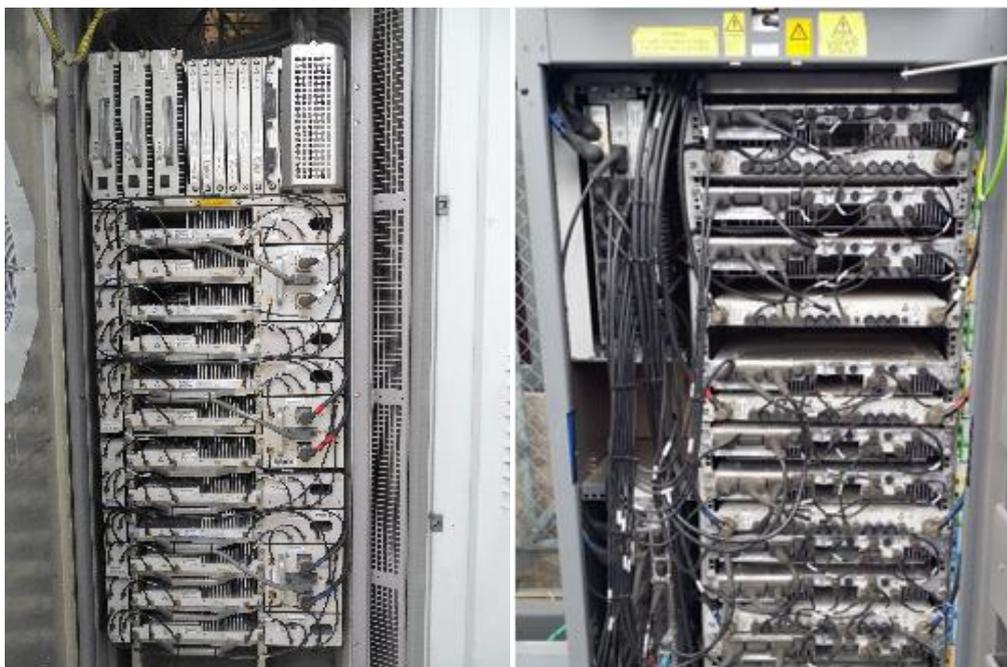


Figura 4. 9 : Equipos de transmisión Ultrasite y Flexisite.

Fuente: Propia

Los equipos desplegados actualmente son las radiobases integradas modelo “Ultrasite” y “Flexisite”, se conforman de tres partes: los transmisores, los combinadores y duplexores; además de la unidad en banda base integrada y circuito de control para la conexión al sistema de alimentación. Los transmisores, combinadores y duplexores tienen siglas específicas para identificar el modo de trabajo y la frecuencia de operación, que en este caso puede ser de 850 o 1900 MHz, la conexión es directa a las antenas sectoriales usando de líneas de transmisión de gran longitud con interfaz eléctrica, como conocemos por la teoría esto introduce pérdidas en

el sistema, pero es parte del sistema utilizado hasta este momento y los análisis ya se efectúan contando este parámetro.

Para interconectar a la red se ha implementado un radioenlace bajo TDM por E1s con equipos Nokia "Flexihopper", que puede transportar hasta 32mbps, es decir 16E1s conectado a una antena Andrew por cable RG. Esta capacidad es muy deficiente para las demandas actuales y las características técnicas de este hardware no permite una agregación, trabaja a su máximo rendimiento, por lo tanto se ha considerado retirarlo de operación.



Figura 4. 10 : Equipo para radioenlace TDM Nokia Flexihopper.

Fuente: Propia

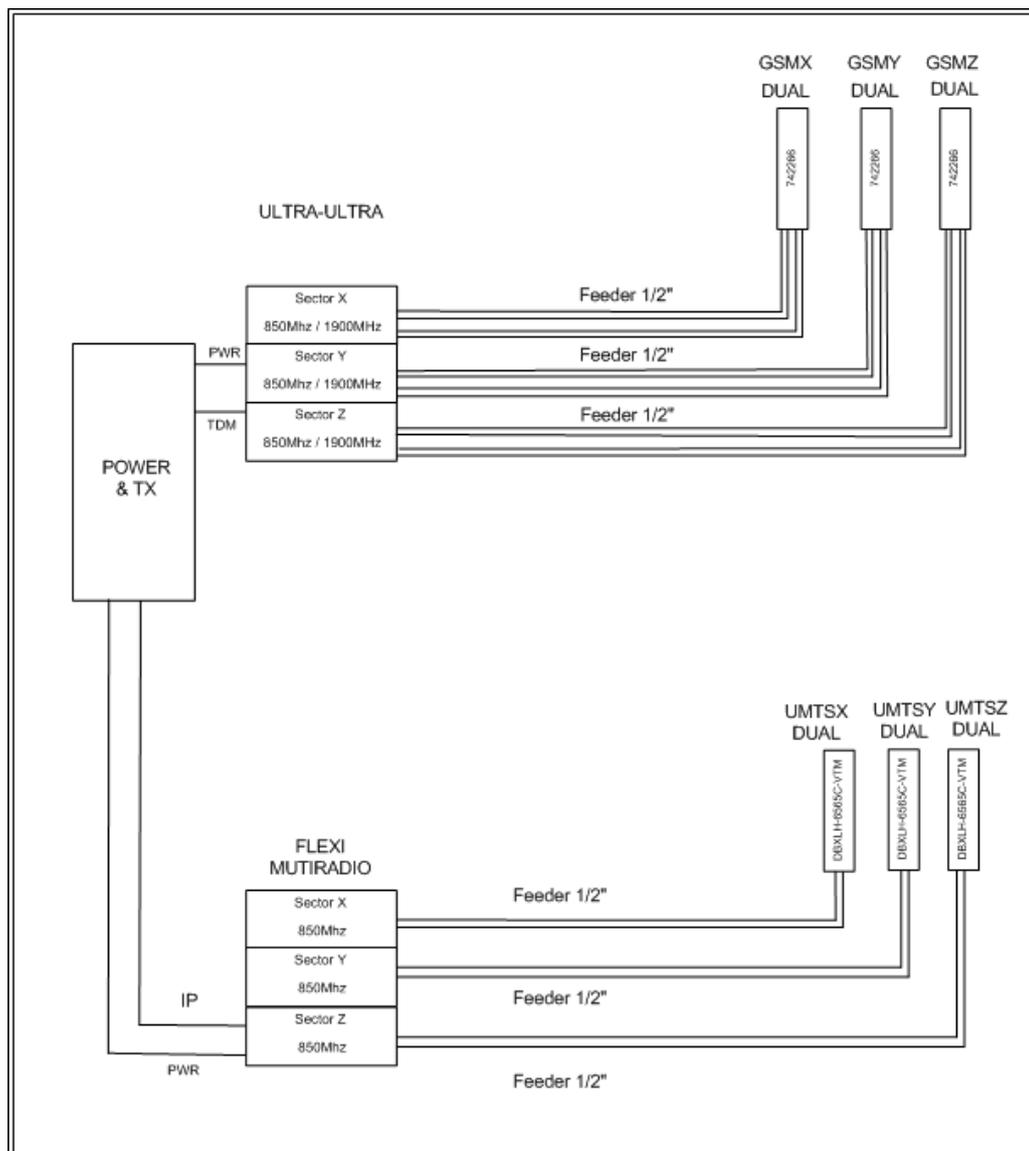


Figura 4. 11: Diagrama esquemático de los equipos existentes en la radio base celular.

Fuente: Propia

En el diagrama superior se muestra los equipos en operación, con una distribución con 3 antenas que cubren 120 grados respectivamente para cada tecnología GSM/UMTS.

4.6.2 Modernización y actualización de equipamiento

Se proyecta instalar gabinete APM, y en interior BBU y DCDCU, el panel de alarmas externas y los cables para el sistema de puesta a tierra, la construcción de orificios en el piso del APM para el paso del cableado proveniente de la planta DC, y para la salida de los cables de alimentación y los cables de fibra óptica hacia las RRU. La obra civil consiste en la instalación de 2 polos para el soporte del APM y las 6 RRUs proyectadas respectivamente; todo esto sobre una loseta de hormigón de 3 m2.

La nueva instalación se ubica cerca de los equipos operativos, por lo que se reutilizara las escalerillas metálicas instaladas y las barras de tierra. Se necesitan elementos adicionales como conectores DIN-F, cinta especial contra filtraciones y vulcanizante. El equipo RTN de radioenlace se ubicara en el gabinete del Power Plant, además se debe conectar con cable FE/GE hacia BBU para tener conectividad a la red.

Se reutiliza todo el feeder existente que va hacia las antenas, se lo reconectara a las radio remotas, se recomienda una excelente instalación del nuevo cableado y la correcta etiquetación para que en futuras inspecciones se identifiquen rápidamente los puntos críticos de las conexiones.

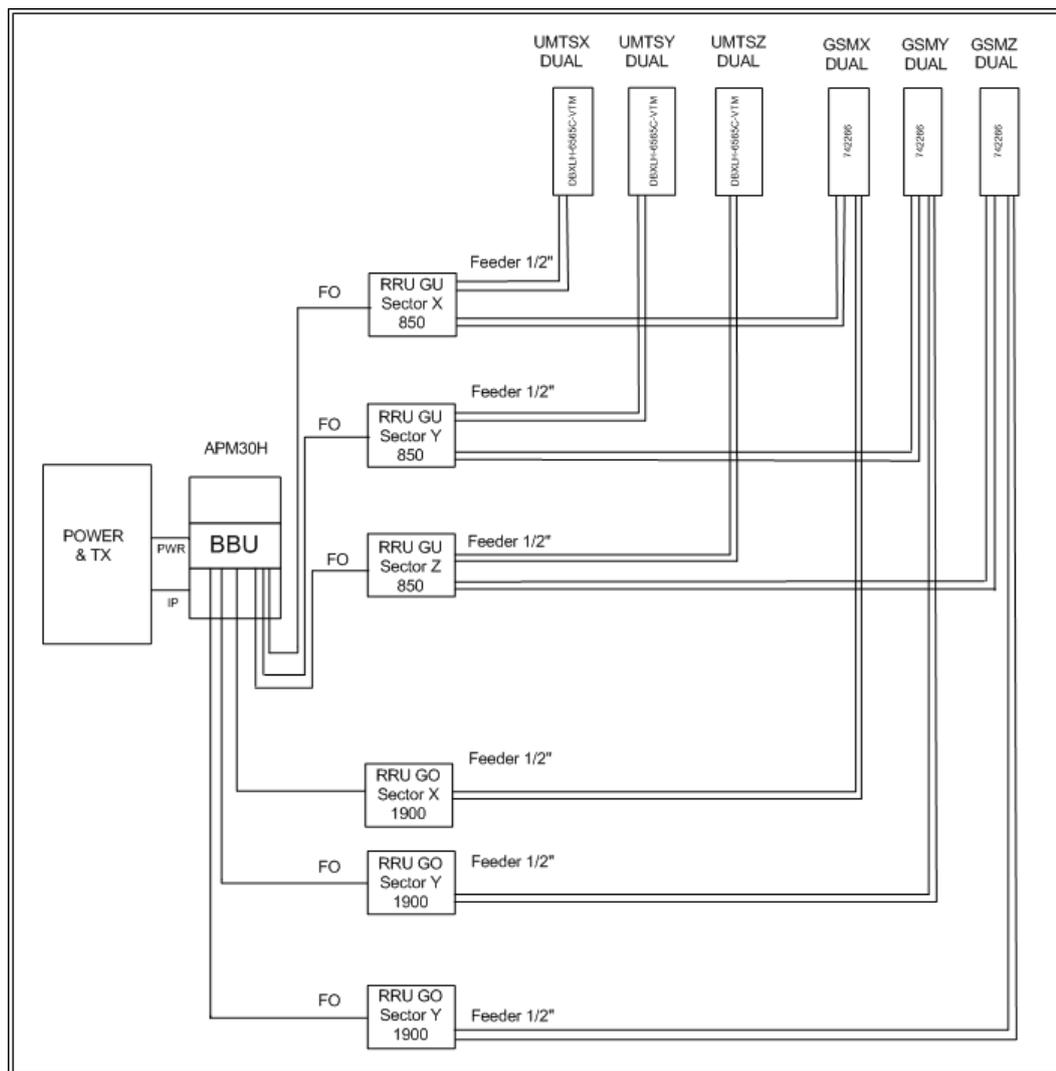


Figura 4. 12 : Diagrama esquemático de los equipos Single RAN para modernizar la estación base

Fuente: Propia

En el gráfico superior se presenta el resultado de la modernización con equipos Single RAN, es decir un equipo para la gestión de todas las señales por tecnologías que envía las tramas por fibra óptica hacia las unidades de radio y luego con guía de onda a las antenas, cabe destacar que se reutiliza gran parte de los elementos de un estación base para servicio de telefonía móvil.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

- El presente trabajo de titulación realiza una reseña de los conocimientos teóricos que sustentan los sistemas de telefonía móvil actuales, describiendo desde los primeros experimentos de comunicación remota que utilizaron la propagación en el espacio libre de las ondas de radio.
- Se presenta las características de los equipos que integran la tecnología de redes de acceso de radio convergentes Single RAN, las principales ventajas que se obtiene al agrupar en un solo sistema las tecnologías de los diferentes sistemas de telefonía móvil.
- Se demuestra mediante 3 parámetros como son el estudio para establecer un radio enlace con interfaz IP, el análisis de la capacidad de los sistemas eléctricos ya instalados, y las mejoras en el espacio físico como obra civil complementaria para la instalación de los equipos que se puede implementar la tecnología Single RAN en “La Joya”.
- Al realizar el análisis para establecer si para el radioenlace IP se tienen las condiciones necesarias, se demuestra que los parámetros elegidos cumplen satisfactoriamente. Se comprueba que la estación base “La Joya” se puede conectar con la estación base “Altos del Rio” puesto que se tiene línea de vista, la distancia

es de 2km entre los puntos analizados, y que no hay interferencias destacables en la banda de frecuencia elegida.

- Al utilizar Single RAN con radioenlace IP, las velocidades de transmisión aumentan, ya que utilizan conmutación de paquetes, los equipos de radioenlace utilizan modulación adaptativa con lo que estas pueden ser mayores según las necesidades futuras.
- El análisis de los requerimientos de energía eléctrica nos demuestra que la capacidad instalada es suficiente para las nuevas cargas que se implementarían. También existen puntos necesarios para ubicar los sistemas de puesta a tierra.
- En la estación base hay espacio físico disponible para implementar los equipos de la tecnología Single RAN, se debe considerar que la actividad de instalación se realice de la mejor manera para ordenar el cableado y realizar el etiquetado, la obra civil complementaria como losetas, orificios y la agregación de todo el sistema a las redes sin interrumpir el servicio.
- De acuerdo a la hipótesis planteada, la implementación de Single RAN permite al operador una optimización de los recursos en su red de acceso, puesto que en un solo equipamiento agrupa varias tecnologías de redes móviles, igualmente cumple con los parámetros técnicos que le obliga la entidad de control para ofrecer calidad de servicio a sus clientes.

CAPITULO 6

RECOMENDACIONES

- Al operador de servicio móvil avanzado se recomienda reconocer las tendencias en nuevas tecnologías para brindar mejor servicio al usuario final, es importante mantener una infraestructura acorde a las exigencias del entorno actual.
- Se debe reconocer rápidamente los sectores de la ciudad con un crecimiento demográfico mayor al promedio, la expansión de la mancha urbana, la introducción de nuevas necesidades tecnológicas – como el uso de los teléfonos inteligentes – con lo cual aumenta la demanda de servicios por parte de los usuarios.
- Tener el conocimiento necesario de las características de la tecnología Single RAN, con lo cual se puede implementar también tecnologías de cuarta generación, además de las citadas en este documento.
- Con la tecnología Single RAN se pueden implementar varias soluciones según las exigencias de tráfico y estructuras físicas en las cuales es proclive a descender el rendimiento como en centros de gran concentración de público.
- Se indica que se debe realizar visitas técnicas a los sitios por modernizar para conocer detalles de los equipos anteriormente instalados y las condiciones de conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3GPP. (1999). *TS 23.925 UMTS Core network based ATM transport*. Recuperado el 15 de 11 de 2014, de 3GPP: <http://www.arib.or.jp/IMT-2000/ARIB-spec/ARIB/23925-020.PDF>

3GPP. (2014). *UTRAN Iub interface user plane protocols for Common Transport Channel data streams*. Recuperado el 12 de 12 de 2014, de 3GPP: http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125400_125499/125435/12.01.00_60/ts_125435v120100p.pdf

3GPP. (2006). *UTRAN Iub/Iur interface user plane protocol for DCH data streams*. Recuperado el 1 de 11 de 2014, de 3GPP: <http://www.qtc.jp/3GPP/Specs/25427-680.pdf>

Couch, L. W. (2008). *Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos* (7ma ed.). Mexico: Prentice Hall.

El Universo. (24 de 11 de 2014). La Joya, con 22.000 habitantes, supera en población a 6 cantones. *El Universo* .

Haykin, S. (2002). *Sistemas de Comunicación*. Mexico: Limusa.

Hernando Rábanos, J. M. (2008). *Transmisión por Radio* (6ta ed.). Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.

Huidrobo Mota, J. M. (2006). *Redes y Servicios de Telecomunicaciones* (4ta ed.). Madrid: Thompson Paraninfo.

Huidrobo, J. (1996). *Comunicaciones de Voz y Datos* (2da ed.). Madrid: Paraninfo.

Johnson, C. (2010). *Long Term Evolution IN BULLETS*. Northampton,UK.

Muñoz Jimenez, L. (2013). *Evolución de la Red de Transmisión de Acceso Móvil desde TDM a ALL-IP*. Recuperado el 01 de 12 de 2014, de Universidad Politecnica de Valencia:
<https://riunet.upv.es/handle/10251/29405>

Serra, X. H., & Bosch, J. A. (2002). *Análisis de redes y sistemas de comunicaciones*. Barcelona: Ediciones UPC.

Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores* (7ma ed.). Madrid: Prentice Hall.

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). Mexico: Prentice Hall.

UIT. (1988). *G.732 : Características del equipo múltiplex MIC primario que funciona a 2048 kbit/s*. Recuperado el 15 de 10 de 2014, de UIT:
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.732-198811-I/es>

UIT. (2000). *M.1457 : Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)*. Recuperado el 20 de 10 de 2014, de UIT:
https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1457-1-200108-S!!PDF-S.pdf

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2. 1: Niveles de PDH	11
Figura 2. 2: Arquitectura GSM, bloques funcionales e interfaces.	16
Figura 2. 3: Red de Acceso de Radio – Interfaz Um.....	18
Figura 2. 4: Red de Transmisión de Acceso – Interfaz A-bis.	19
Figura 2. 5: Esquema de la técnica de acceso al canal FDMA/TDMA-FDD y ranuras de tiempo por trama GSM.....	24
Figura 2. 6: Jerarquía de Canales Lógicos en GSM	26
Figura 2. 7: Tecnologías que cumplen las especificaciones IMT-2000 para denominarse 3G	31
Figura 2. 8: Diagrama esquemático de la red 3G, con sus interfaces y bloques funcionales.	36
Figura 2. 9: Interfaz Uu dentro de la red de acceso UMTS.....	40
Figura 2. 10: Interfaz Iub ubicada en arquitectura de red UTRAN.	42
Figura 2. 11: Pila de protocolos del plano de usuario utilizando IP y ATM. .	42
Figura 2. 12: Pila de protocolos del plano de control utilizando IP y ATM. ..	43
Figura 2. 13: Interfaz Iub Dual Stack en un Nodo B.....	45
Figura 2. 14: Diagrama para la Multiplexación para ATM (IMA).	46
Figura 2. 15: Arquitectura de una red LTE.....	52

CAPITULO 3

Figura 3. 1: Radio enlace Ethernet con modulación adaptativa.....	58
Figura 3. 2: Bloques funcionales de radioenlaces Ethernet y TDM, en versión híbrido y nativo.....	59
Figura 3. 3: Canales de diferentes anchos para una banda de frecuencia asignada.	63
Figura 3. 4: Equipos que conforman el RTN, unidad interna IDU, unidad externa ODU y antena.	66
Figura 3. 5: BBU para sistemas DBS3900.....	69
Figura 3. 6: Vista del panel frontal del BBU y las tarjetas para transmisión de varias tecnologías.	70
Figura 3. 7: Bloques funcionales de los equipos BBU y RRU en un sistema DBS.	71
Figura 3. 8: Vista exterior de la unidad de radio remota	72
Figura 3. 9: Vista exterior del equipo APM en donde se puede colocar BBU y DCU.	73

CAPITULO 4

Figura 4. 1: Mapa General de la urbanización “La Joya”	75
Figura 4. 2: Perfil de elevación y distancia entre los puntos del enlace de radio.....	76
Figura 4. 3: Perfil de topografía del radioenlace según los resultados de la simulación.....	79
Figura 4. 4: Diagrama básico de un sistema DC para estaciones de telecomunicaciones	82
Figura 4. 5: Tablero de breakers AC.....	83
Figura 4. 6: Power Eltek instalada y los breakers con las barras de tierra... 84	
Figura 4. 7 : Formula para el cálculo de la capacidad instalada en (A).....	84
Figura 4. 8: Proyección de los equipos a instalar y la obra civil complementaria	87
Figura 4. 9 : Equipos de transmisión Ultrasite y Flexisite.....	88
Figura 4. 10 : Equipo para radioenlace TDM Nokia Flexihopper.	89
Figura 4. 11: Diagrama esquemático de los equipos existentes en la radio base celular.....	90
Figura 4. 12 : Diagrama esquemático de los equipos Single RAN para modernizar la estación base	92

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 2. 1: Principales características de las tecnologías 2G:.....	14
Tabla 2. 2: Velocidad de transmisión en sistemas GSM de los canales de voz y de datos.	25
Tabla 2. 3: Descripción de las principales características de UMTS.....	32
Tabla 2. 4: Tecnologías y estándares bajo la especificación 3G/IMT-2000 y su evolución.....	33
Tabla 2. 5: Servicios soportados bajo estándar 3G/IMT-2000.....	34
Tabla 2. 6: Ventajas de la tecnología UMTS 3G.....	35
Tabla 2. 7: Desventajas de la tecnología UMTS 3G.....	36
Tabla 2. 8: Funciones de la Interfaz Iub Dual Stack.....	44
Tabla 2. 9: Anchos de banda del canal estandarizados para LTE.....	53

CAPITULO 3

Tabla 3. 1: Clasificación de los radioenlaces Ethernet según diferentes parámetros.....	57
Tabla 3. 2: Variables de diseño de un radioenlace Ethernet.....	60

CAPITULO 4

Tabla 4. 1 : Valores de intensidad de campo eléctrico desde el punto de transmisión con azimut y potencia determinados.	80
Tabla 4. 2 : Capacidad de los rectificadores para cada modelo de planta de energía DC.....	83
Tabla 4. 3 : Resumen de la capacidad (A) y el número de breakers en panel DC.....	85

GLOSARIO

3GPP: Proyecto Asociación de Tercera Generación, es un grupo con representantes de los distintos actores del sector de las telecomunicaciones, su objetivo inicial fue el desarrollo del estándar 3G, y se ha mantenido como apoyo a los proyectos actuales e iniciativas para nuevos estándares en el futuro.

AMPS: (del inglés Advanced Mobile Phone System) es un sistema de telefonía móvil de primera generación introducido en Estados Unidos en la década de 1980.

APM: Advanced Power Module, provee de energía DC y energía de respaldo a la estación base distribuida o separadas en escenarios a la intemperie. También proporciona espacio para instalar el BBU y los equipos de transmisión/recepción.

ATM: Modo de Transferencia Asíncrona., definido por el Foro ATM como un protocolo para el transporte de un completo rango de tráfico de usuarios que incluye señales de video, voz y datos.

AuC: Authentication Center, es una función dentro de la red central GSM, que identifica la tarjeta SIM del usuario en la red y le permite establecer la llamada.

BSC: Controlador de estación base, es parte del subsistema de estación base en redes GSM, maneja la asignación de canales de radio, recibe

métricas desde los teléfonos móviles y controla el traspaso de llamadas entre varias BTS.

BSS: Subsistema de estación base, es una sección de una red de telefonía móvil de segunda generación. Es el encargado de control de datos y la señalización entre el teléfono móvil y el NSS, subsistema de conmutación de red.

BTS: Base Transceiver Station, denominada estación base, es un equipamiento que facilita la comunicación inalámbrica entre el equipo del usuario y la red. Los equipos de usuario pueden ser teléfonos móviles o computadoras con varias tecnologías.

BBU: Baseband Unit, Unidad de procesamiento en banda base, se encarga de la transmisión y control de las señales en baja frecuencia y las envía a las unidades de radio externas, también tiene conexión con la red central y los controladores de red por medio de varias interfaces como E1 y Ethernet.

CDMA2000: Es una familia de estándares de telefonía móvil de 3G que usa la técnica CDMA para el envío de las señales de voz, datos y señalización entre el usuario y las estaciones base. Utilizado principalmente en Estados Unidos.

CEPT: Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones, creada en 1959, es una organización que coordina los estándares de telecomunicaciones en el espacio europeo.

CCITT: Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony), antiguo nombre del comité de normalización de las telecomunicaciones dentro de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ahora conocido como UIT-T.

CN: Core Network, es la parte central de una red de telecomunicaciones, que proporciona servicios a los clientes que se conectan usando la red de acceso. Una de sus principales funciones es la de encaminar las llamadas hacia la red PSTN.

E1: Es una trama digital básica de 2048 Mbps, como un estándar el sistema europeo, que mejora el sistema anterior americano T1, trabaja bajo la multiplexación por división de tiempo. Es el estándar aceptado por la UIT.

EIR: Equipment Identity Register, Registro de Identificación de Equipos, es una base de datos de teléfonos celulares censurados con código IMEI. Por lo cual el teléfono no debe funcionar en las redes de los proveedores de servicios.

EDGE: Enhanced GPRS, es una tecnología de telefonía móvil digital, que aumenta la transmisión de datos y es retro compatible como una extensión de GSM. Se lo considera una tecnología de radio anterior a 3G.

ETSI: Instituto Europeo de normas de telecomunicación, es una organización independiente, sin fin de lucro que realiza estándares para la industria.

Produce estándares de aplicación global para las Tics, que incluyen tecnologías fijas, móviles, convergentes, de difusión e internet.

Ethernet: Es una familia de estándares para redes de computadoras en área local (LAN) y área metropolitana (MAN)

FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia, es un método de acceso al medio usado en protocolos de multi acceso como protocolo de canalización. FDMA da a los usuarios colocación individual de una o varias bandas de frecuencia.

GSM: Sistema Global para Comunicaciones Móviles, es un estándar desarrollado por el ETSI, que describe los protocolos para la segunda generación de redes celulares digitales usadas por teléfonos móviles.

GMSC: Gateway Mobile Switching Center, tiene todas las funciones del MSC pero además interconecta a las redes de otros operadores licenciados.

GPRS: General Packet Radio Service, Servicio General de Paquetes de Radio, denominado 2.5G, estandarizado por el ETSI, se basa en la transmisión de paquetes en vez de la conmutación de circuitos.

GGSN: Gateway GPRS Support Node, es un componente principal de las redes GPRS. Su función es la de interconectar la red GPRS con otras redes basadas en paquetes como internet y redes X.25

G.732: Norma ITU que promulga las características de los multiplexores que trabajan con la norma europea E1 como base para la transmisión de señales.

HLR: Home Location Register, es una base de datos central que contiene los detalles de cada suscriptor de telefonía móvil que está autorizado a usar la red central GSM.

Interfaz Uu: Interfaz entre el usuario y el nodo B en redes 3G.

Interfaz Iub: Interfaz entre el nodo B y el RNC en redes 3G.

Interfaz Iu: Interfaz entre el RNC y el CN en redes 3G.

Interfaz Um: Interfaz entre el usuario y el BTS en redes GSM.

Interfaz Abis: Interfaz entre el BTS y el BSC en redes GSM.

Interfaz A: Interfaz entre el BSC y el MSC en redes GSM

IMT-2000: Especificaciones técnicas emitidas por la ITU para los estándares que luego se denominaron de tercera generación.

LTE: Long Term Evolution, comercialmente denominado 4G, es un estándar de comunicaciones inalámbricas de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos.

MSC: Mobile Switching Center, Centro de Conmutación Móvil, es parte de la red central de GSM/CDMA, encargado del encaminamiento de las llamadas

de voz y SMS y tanto otros servicios como llamadas en conferencia y datos en conmutación de circuitos.

MMS: Servicio de Mensajes Multimedia, es una forma estándar de enviar mensajes que incluyen contenido multimedia desde y hacia teléfonos celulares.

MPLS: Multiprotocol Label Switching, es un mecanismo en redes de telecomunicaciones de alto rendimiento, que direcciona datos desde un nodo de la red hacia otro basado en etiquetas de camino más corto al contrario de usar direcciones de red muy largas, con lo que se evita búsquedas complejas en una tabla de enrutamiento.

NFV: Virtualización de las Funciones de la Red, es un concepto en la arquitectura de la red, que propone el uso de tecnologías relacionadas a la virtualización en las Tics para virtualizar funciones de los nodos de la red en bloques constructivos, que pueden estar conectados para crear nuevos servicios de comunicaciones.

NMT: Nordic Mobile Telephony, Sistema de Telefonía Móvil Nórdico, fue el primer sistema de telefonía celular automático de primera generación, empleaba la banda de 450 MHz.

Nodo B: Es el termino de las redes UMTS equivalente al BTS en sistemas GSM.

NSS: Subsistema de Conmutación de la Red, también llamado Red Central GSM, realiza la conmutación de las llamadas, las funciones de gestión de movilidad para el roaming de los teléfonos celulares, que cubren las estaciones base.

OSS: Operational Support System, Sistema de Soporte de Operaciones, lo utilizan los proveedores de servicio de telecomunicaciones, para manejar sus redes. Tiene funciones como: inventario de la red, aprovisionamiento de servicio, configuración y gestión de fallos.

PSTN: Red Telefónica Pública Conmutada, es la red de telefonía por conmutación de circuitos, que es mantenida por los operadores a escala local, regional y nacional, proporcionando una infraestructura servicios para la telecomunicación pública.

PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona, es una tecnología usada en redes de telecomunicación para transportar grandes cantidades de datos sobre equipos digitales en sistemas de fibra óptica y enlaces de radio.

PCU: Packet Control Unit, Unidad De Control De Paquetes, es un elemento que debe instalarse en las redes GSM para actualizar al estándar GPRS, dirige los datos hacia la red GPRS, se lo puede instalar como un elemento anexo al BSC.

RRU: Unidad De Radio Remota, recibe las señales en band base de la BBU, con interfaz CPRI, y las transfiere a las antenas con guía de onda por ejemplo cable coaxial.

RAN: Radio Access Network, es a parte de un sistema de telecomunicaciones donde se implementa la tecnología de acceso de radio.

RDSI: Red Digital De Servicios Integrados, es un conjunto de estándares de comunicación para la transmisión digital simultánea de voz, video, datos y otros servicios sobre las redes públicas conmutadas tradicionales.

RNC: Radio Network Controller, Controlador De La Red De Radio, es el elemento de gestión en las redes UTRAN, su función es manejar los recursos de los nodo b conectados a él.

Single RAN: Red De Acceso De Radio Única, es una tecnología ofertada por la marca HUAWEI, que permite a los operadores, soportar varios estándares de redes de comunicaciones móviles y servicios de telefonía inalámbrica en una sola red.

SDN: Redes Definidas Por Software, es un alcance dentro de las redes de computadoras, por lo cual los administradores de las redes pueden manejar sus servicios con la separación de las funciones, esto se logra con la separación del plano de control y el plano de datos.

SMS: Servicio de Mensajes Cortos, es un servicio de mensajes de texto, que es un componente de los sistemas de comunicaciones móviles, servicios web y telefonía en general.

SGSN: Serving GPRS Support Node, es el encargado de la entrega de los paquetes de datos desde y hacia los usuarios dentro de un área geográfica específica.

TDMA: Acceso Múltiple Por División De Tiempo, es una técnica de acceso al medio donde varios usuarios comparten el mismo canal de frecuencia dividiendo la señal en diferentes slots de tiempo.

TACS: Total Access Communication System, es una variante del sistema AMPS, que se utilizó en Inglaterra como la primera generación de telefonía móvil analógica.

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, es un sistema de telefonía celular de tercera generación, desarrollado y mantenido por el 3GPP, Es la evolución del sistema GSM.

UTRAN: Las Universal Terrestrial Radio Access Network, es un término que engloba, los elementos del subsistema de la red de acceso en UMTS como on los nodos B y el RNC.

VLR: Visitor Location Register, es una base de datos de los suscriptores que han ingresado a la red, donde tiene control el MSC. Su función es la de controlar los visitantes de la red, es decir los usuarios de otros operadores que realizan llamadas a los usuarios locales.

WAP: Wireless Application Protocol, es un estándar técnico para acceder a información en redes de telefonía inalámbrica, un navegador WAP en teléfonos móviles usa este protocolo.

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access, es un estándar de la interfaz de aire en redes móviles de tercera generación. Permite llamadas de voz convencional, mensajes SMS y MMS; también puede transportar datos a altas velocidades, con lo que el operador puede proporcionar un mayor ancho de banda para aplicaciones como Streaming y acceso a internet de banda ancha.

ANEXOS

Anexo (1) Equipos BBU 9926 de Alcatel Lucent, características técnicas



Alcatel-Lucent 9926 Digital 2U eNode B BASE BAND UNIT

The Alcatel-Lucent 9926 Digital 2U eNodeB Base Band Unit is the Alcatel-Lucent converged product for W-CDMA, LTE-FDD and LTE-TDD Base Band Unit (BBU). It provides a high capacity, feature rich and reliable BBU solution for usage across multiple wireless access technologies.



The 9926 d2U Base Band Unit consists of several boards managing the eNodeB digital processing.

Core Control Module

The CCM-u (Core Control Module) provides a Gigabit Ethernet (2 SFPs, 2 RJ45 GE) network interface, internal communication with CEM boards, base band samples routing and summing. It is additionally responsible for CPU power to manage the eNodeB terminated flows, eNodeB synchronization, O&M functions, and termination of the CPRI interfaces to RRHs which controls OAM management, part of call processing and internal/external data flow switching/combining, supporting external/internal alarm connectivity and external synchronization reference interface. Up to two of these modules can be installed (for a dual technology base band or redundancy) per 9926 LTE digital module.

Channel Element Module

The CEM-u (Channel Element Module), has two main functional elements, the base-band units (BBU), which perform all of the base-band signal processing functionality and the interface and control unit (ICU), which provides the data, control and timing interfaces to the base station. The CEM-u (modem unit) provides the scheduling Unit for Cell fast RRM, Layer 2 Unit for the support of MAC/RLC layers and Layer 1 unit to process base band samples controls part of call processing and base band transmit/receive digital signal processing. These modules are scalable from one to a maximum of three (with redundancy) per 9926 LTE digital module.

Both CCM-u and CEM-u modules are Field Replaceable Units (FRUs).

Additionally, the d2U houses an RBP (user Rack Back Plane), supporting all internal links between CCM-U and CEM-U modules and a RUC (Rack User Commissioning), which supports all commissioning of non-volatile memories, and fan alarms.

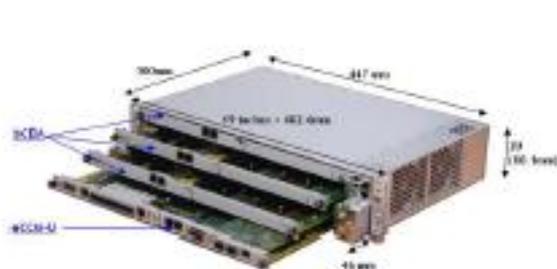
The 9926 LTE Digital Module is common between LTE and W-CDMA (9926 d2U). This means that the same digital rack can be configured by Software to operate in W-CDMA or LTE technology.

LTE deployment scenarios

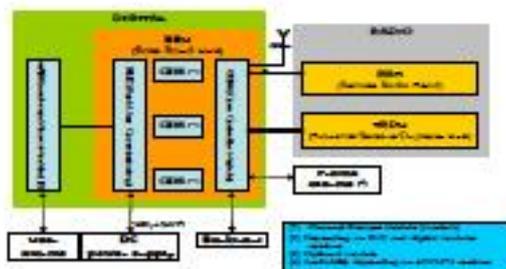
Alcatel-Lucent intend to cover both Greenfield, standalone networks in new spectrum bands as well as offering a smooth evolution path for currently deployed GSM, WCDMA/HSPA and CDMA/EV-DO networks.

To this end, our LTE solution is designed to integrate into existing product offerings to support a graceful evolution to an LTE eNode B. The solution is modular and is composed of the digital or baseband unit (d2U eNB), which may be deployed in a distributed architecture with Remote Radio Heads (RRHs) or in classical Macro configurations with Integrated Radio Modules (i.e. TRDUs).

The d2U eNB offers wireless operators an easy way to build LTE coverage while re-using existing cabinets (GSM, W-CDMA, Outdoor Power Supply unit, existing 19 inch rack...). Thus it enables operators to deploy a true zero-footprint product as it can be integrated in any cabinet where a 2U and 19" slot is available. This allows operators to minimize their Total Cost of Ownership (TCO), to overcome site constraints and, to introduce LTE with best time-to-market.



Base band Unit Layout



9926 BBU architecture and its environment

Spectrum considerations

The Alcatel-Lucent d2U eNB can be deployed in any existing or future frequency band. Flexible spectrum use maximizes flexibility in the network, with Bandwidth options of 1.4, 3, 5, 10, 15, or 20 MHz supported in all frequencies of IMT-2000: 450 MHz to 2.6 GHz.

Sharing optical fibres to Remote RF Heads

The 9926 BBU solution can concentrate the CPRI traffic from legacy networks together with its own traffic and thus use common fibres up to the RRH. If different bands are used RRH can be daisy-chained.

Features

- Zero-footprint deployment
- Easy installation, with a lightweight unit can be carried and set up by one person
- Optimized power consumption, with flexible site installation
- Modular architecture enabling the support of dual technology in a single casing, (or alternatively, Redundancy capacity)
- Support of High capacity modem : 3 sector support with MIMO 4x4 & 20MHz bandwidth

Benefits

- Leverages reliable 3G baseband architecture
- Delivers smooth introduction into legacy networks by ensuring dual mode Base band support
- Decreases power costs and minimizes environmental impacts, with the potential for eco-sustainable power options
- Provides flexible installation options (either distributed of Macro into existing cabinets)

Technical specifications

Physical dimensions

- Height: 2U - 88.1 mm (3.5 in.)
- Width: 447 mm (19 in.)
- Depth: 300 mm (11.8 in.)
- Weight (without mounting kit): less than 12 kg (26 lb)

Power

- Power supply:
 - ~ DC variant: -48V or +24V

Operating environment

- Operating temperature range:
 - ~ -5°C to +65°C (23°F to +149°F)
- International Protection rating:
 - ~ IP20
 - ~ IP65 (With Enclosure protection)

Interface/Capacity

- 2 Gigabit Ethernet ports for transmission, hubbing or daisy chaining
- User Capacity:
 - ~ up to 1200 users per modem
 - ~ 3 sectors MIMO 4x4 with 20MHz bandwidth on single modem board
 - ~ all bandwidth supported from 1.4 to 20MHz
- Peak L1 Throughput:
 - ~ 315Mbps DL / 156Mbps UL

Optical characteristics

- **Type/number of fibers**
 - Up to 3 12 Gbit/s line bit rate
 - Single-mode variant:
 - ~ One SM fiber (9/125 μm) per RRH2x, carrying UL and DL using CWDM (at 1550/1310 nm)
 - Multi-mode variant:
 - ~ Two MM fibers (50/125 μm) per RRH2x: one carrying UL, the other carrying DL (at 850 nm)
- **Optical fiber length**
 - Up to 500 m (0.31 mi), using MM fiber
 - Up to 20 km (12.43 mi), using SM fiber

Anexo (2) Equipo RTN 910 9926 de Huawei, características técnicas

**RTN 910
Product Brochure**



HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD.



RTN 910

The RTN 910 is networking IP radio equipment. It bases on unified platform for TDM/Hybrid/Packet, provides several types of service interfaces, and facilitates installation and flexible configuration. It can provide a solution which integrates with the TDM microwave, Hybrid microwave, and Packet microwave based on the network requirements. Thus, The RTN 910 can meet the requirements of not only traditional TDM networks, but also future IP networks.

Architecture

The RTN 910 adopts a split structure. The system consists of the IDU 910 and the ODU. The IDU910 provides multiple features with different cards, and supports convergence of up to 2 RF directions. The box size is 442mm (W)x220mm(D)x44mm(H)(1U).

Features

- Unified Platform for TDM/Hybrid/Packet, Meeting the Requirements of Network Evolution Towards All-IP Backhaul.

- » Supports the processing and accessing of native TDM services, native Ethernet services and PWES services.
- » Supports multi-mode microwave radio: Hybrid mode (E1+ ETH), pure Packet mode, PDH mode and SDH mode.
- » Provides packet-based IEEE 1588v2 clock synchronization, facilitating cost-effective clock solutions.

• Large-Capacity and Broadband-Oriented Microwave Platform

- » Adopts highly efficient encapsulation and advanced header compression technologies, boosting the maximum capacity on one carrier to over 1Gbps.
- » Supports XPIC technology.
- » Supports Air-LAG.
- » Provides hitless switching from QPSK to 1024QAM with Adaptive Modulation(AM) in all channels sizes and all frequencies. Priority levels can be set for Native E1 services and packet services.

• Robust IP Service-Processing Capability

- » Supports E-line or E-LAN services based on VLAN or QinQ and supports E-line services based on PVP.
- » Supports basic MPLS functions and service forwarding, and supports static LSPs.
- » Adopts the LSP tunnel technology and the PWE3 technology to form an MPLS network, where multiple services can be accessed.
- » Supports 8-class QoS, provides a wide range of services, and ensures the quality of services of high priority.
- » Supports EOS/EOPDH.
- » Supports Eth. LAG.
- » Supports abundant OAM features, including Eth OAM, MPLS OAM, ATM OAM, PW OAM, making management and maintenance in IP networks similar to those in SDH networks.

• Complete Protection Schemes

- » Protections for radio links
 - 01. 1+1 HSB/SD/FD protections.
 - 02. 2+0, 1+1, 2x(1+0) protections.
 - 03. XPIC 1+1.
- » Network-level protections
 - 01. Ethernet Ring Protection Switching (ERPS) protection and MSTP protection (including FE/GE ports and radio link).
 - 02. LAG protection for Ethernet services.
 - 03. MPLS 1:1 tunnel protection.
 - 04. TDM SNCP protection(including SDH link and radio link).
 - 05. IMA protection for ATM over E1 services.
 - 06. Linear MSP.
- » Equipment-level protections
 - 01. 1+1 hot backup for the power input

• Easy Installation

- » The RTN 910 can be installed in any standard telecom cabinet, or outdoor cabinet, or a desktop/pole/wall.
- » The RTN 910 and wireless base station can share one cabinet.

• Easy Maintenance

- » Supports different types of loopbacks at the service port and the IF port.
- » Supports RMON performance events and the MPLS OAM functions.
- » Supports MPLS OAM, IEEE 802.1ag, and IEEE 802.3ah.
- » Supports ITU-T .1731.
- » Supports ATM OAM.
- » Provides a built-in test system to perform the pseudo-random binary sequence (PRBS) error test at the E1 port and the IF port.
- » Provides the hot-pluggable CF card, which stores data configuration files and software. The CF card can be changed for data loading or software upgrade.
- » Supports remote data and software loading by using the NMS. Thus, the entire network can be upgraded rapidly, achieving in-service software upgrades.

• Multiple Methods for Network Management

- » Uses the iManager U2000 to manage the RTN devices and Huawei optical transport devices. Hence, quick fault locating, quick service provisioning, and visual IP service management are achieved while reduce the OPEX.
- » Uses the Web UCT to manage a single RTN NE or multiple RTN NEs in a centralized manner.
- » Enables users to query alarms and performance events through the simple network management protocol (SNMP).
- » Adopts the inband DCN scheme. Hence, dedicated DCN channels are not required, and the network construction cost is reduced.

Figure 1-1 RTN 910 (IDU 910)



Table 1-1 Technical specifications

Frequency Band		6GHz, 7GHz, 8GHz, 10GHz, 10.5GHz, 11GHz, 13GHz, 15GHz, 18GHz, 23GHz, 26GHz, 28GHz, 32GHz, 38GHz, 42GHz
Channel Spacing (MHz)		3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 28 MHz, 40 MHz, 56 MHz
Modulation Mode		QPSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, 512QAM*, 1024QAM*
Interface Type	E1 interface	TDM E1, Smart E1 (CES E1, IMA E1 ML-PPP E1*)
	SDH interface	STM-1 optical/electrical interface, STM-4 optical interface*
	Ethernet interface	FE interface: 10/100BASE-T(X), 100BASE-FX GE interface: 1000Base-SX, 1000Base-LX, 10/100/1000BASE-T(X)
	Auxiliary interface	Order-wire interface, external clock input/output interface, IEEE 1588v2 clock input/output interface
	Alarm interface	External alarm 3 input/1 output interface
Maximum Interface		PDH interface: 96 X E1 SDH interface: 6 X STM-1, 4 X STM-4* Ethernet interface: 20 X FE , 6 X GE
Maximum Capacity		Switching capacity: 4.4Gbit/s TDM cross connection capacity: 8X8/VC-4, full timeslot cross-connections at the VC-12/VC-3/VC-4 level
RF Direction		A maximum of 2 RF directions
XMC-2 ODU		Frequency bands: 7/8/11/13/15/18/23/26/28/32/38/42 GHz. Modulation schemes: QPSK/16QAM/32QAM/64QAM/128QAM/256QAM Channel spacings: 7/14/28/40/56 MHz
Configuration		2 X (1+0) configuration 2+0 configuration 1+1 configuration XPIC configuration 1+1 configuration: 1+1 HSB, 1+1 FD, 1+1 SD, XPIC 1+1

Ethernet Function	<p>Ethernet II, IEEE 802.3, and IEEE 802.1q/p service frame formats</p> <p>E-line and E-LAN Ethernet services</p> <p>Adding, deletion, and exchange VLAN tags (IEEE 802.1q/p)</p> <p>Flow control (IEEE 802.3x)</p> <p>Link aggregation group (LAG)</p> <p>RMON (IETF RFC 2819)</p>	
Synchronous Ethernet	ITU-T G.8261- and ITU-T G.8262-compliant synchronous Ethernet.	
Security	<p>MAC address-based black list</p> <p>Suppression of broadcast packets</p> <p>Access control list (ACL)</p>	
PWE3	<p>Simulation of TDM E1 and ATM/IMA E1 services</p> <p>Encapsulation of Ethernet services over LSP tunnel to implement E-line services</p> <p>Static PW</p>	
QoS	<p>IP DSCP/IP TOS, MPLS EXP, VLAN 802.1p</p> <p>CAR and traffic policing in color-blind or color-aware mode</p> <p>8 classes for queue scheduling</p>	
MPLS Capacity	<p>Number of VLAN tags: 4,094</p> <p>Number of tunnels (including MPLS tunnel, TMPLS tunnel, IP tunnel, and GRE tunnel): 1,024</p> <p>Number of CESs: 80</p> <p>Number of PWs: 1,024</p> <p>Number of E-lines: 1,024</p> <p>Number of APS protection groups: 32</p>	
Dimensions and Weight	<p>Dimensions: 442 mm (width) x 220 mm (depth) x 44 mm (height)</p> <p>Weight: 4.1 kg</p>	
Working Temperature	IDU	- 5°C to +60°C
	ODU	- 33°C to +55°C
Relative Humidity	IDU	5% to 95%
	ODU	5% to 100%
Power Supply	- 72 V to -38.4 V	
Heat Dissipation	Fan cooling	
Maximum Working Altitude	4,500 m	

* Available in roadmap

Table 1-2 Information about the 18GHz frequency band (XMC-2 ODU)

T/R Spacing (MHz)	Sub-Band	Lower Sub-band TX Frequency (MHz)		Higher Sub-band TX Frequency (MHz)	
		Lower Limit	Upper Limit	Lower Limit	Upper Limit
1010/1008	A	17,585.00	18,230.00	18,695.00	19,240.00
1010/1008	B	18,180.00	18,700.00	19,190.00	19,710.00
1560	C	17,700.00	18,140.00	19,260.00	19,700.00
1092.5	A	17,712.50	18,060.00	18,805.00	19,152.50
1092.5	B	17,987.50	18,595.00	19,080.00	19,687.50

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2011. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademark Notice

® , HUAWEI and are trademarks or registered trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd. Other trademarks, product, service and company names mentioned are the property of their respective owners.

General Disclaimer

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
 Huawei Industrial Base
 Bantian Longgang
 Shenzhen 518129, P.R.China
 Tel: +86 755 28790000

www.huawei.com