

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – León

Facultad De Ciencias y Tecnología

Departamento de Computación



Análisis de las limitaciones técnicas en el despliegue de la tecnología LTE en la ciudad de León-Nicaragua, en el periodo comprendido entre los meses de Mayo a Octubre del año 2016.

Tesis para optar al título de

INGENIERO EN TELEMÁTICA

Presentado por:

- Br. Cinthia del Carmen Granera García.
- Br. Gonzalo Alberto Mendoza Baca.
- Br. Ninoska Lisbeth Valle Rojas.

Tutor:

Msc. Aldo Martínez.

León, 29 de noviembre del 2016

DEDICATORIA

Se dedica el presente trabajo a los siguientes:

A Dios por darnos la vida y por ser pilar fundamental en nuestro diario proceder.

A Nuestros padres por habernos formado como personas llenas de valores, por su sacrificio y apoyo incondicional que nos ayudó en la realización de todas nuestras metas personales, como lo fue nuestra tesis monográfica.

A nuestra familia y amigos, que nos han escuchado cuando necesitábamos hablar, por forzarnos a sonreír cuando sentimos que el mundo se nos viene encima.

AGRADECIMIENTO

Brindamos un especial agradecimiento a las siguientes personas:

A nuestros padres y familiares que, con su apoyo incondicional, hemos podido alcanzar esta meta.

Al Msc. Aldo Rene Martínez por ser nuestro tutor, por su increíble paciencia, consejos, por todos los aportes y la ayuda brindada en estos meses y por el tiempo brindado para la discusión y desarrollo de esta tesis.

A nuestros amigos, que de varias maneras nos animaron a seguir esforzándonos durante toda mi vida universitaria. Porque en alegrías, enojos, frustraciones y éxitos, han estado con nosotros.

Contenido:

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Planteamiento del Problema	3
1.3	Justificación	4
1.4	Objetivos.....	5
CAPÍTULO 2	Marco Teórico.....	6
2.1	¿Qué es 4G LTE?	7
2.2	Aspectos técnicos	11
2.3	Funcionamiento general de una red móvil.....	15
2.4	Arquitectura-LTE	17
2.5	Elementos del Nodo Distribuido de Ericsson RBS6600	18
2.6	Instalaciones.....	25
2.7	Cableado.....	34
2.8	Antenas.....	42
2.9	Núcleo de red (EPC).....	44
2.10	Bandas de frecuencias disponibles para LTE	45
2.11	Capa 2 (MAC-Control Acceso al medio).....	55
2.12	Planificación de usuarios (<i>Scheduling</i>).....	59
2.13	Red de Acceso LTE (E-UTRAN)	69
2.14	LTE Y WiMAX	77
CAPÍTULO 3	Diseño metodológico.....	80
3.1	Materiales utilizados:.....	81
3.2	Etapas del proyecto	81
CAPÍTULO 4	DESARROLLO	82
4.1	Verificación de sitios donde se encuentran las BTS:.....	83

4.2	Análisis de la estructura.....	83
4.3	Elaboración de Mapa de la Ciudad de León con la distribución de BTS.....	84
4.4	Evaluación de la calidad de servicio en la red 4G.	84
CAPÍTULO 5		91
5.1	Conclusiones	92
5.2	Recomendaciones.....	92
ANEXOS.....		93
5.3	Glosario:.....	94
5.4	Mapa de la ubicación de las BTS en la ciudad de León-Nicaragua.	101
	La ley 843	104
BIBLIOGRAFÍA		124
	Bibliografía.....	125

Índice de Figuras:

Figura 1: Evolución de los sistemas de telefonía Móvil	9
Figura 2: Esquema de funcionamiento de una red móvil	15
Figura 3: Estructura de SC-FDMA y OFDMA	17
Figura 4 Diferencia de la señal en el dominio del tiempo.....	17
Figura 5: Elementos de Red UMTS evolucionada (EPS).....	18
Figura 6: Partes de la MU.....	19
Figura 7: Interfaces MU	19
Figura 8: DUG	20
Figura 9: DUW.....	20
Figura 10: DUS	21
Figura 11: SIU	23
Figura 12: Especificaciones técnicas de la Antena	43
Figura 13: Elementos que constituyen la Red Troncal (EPC).....	44
Figura 14: Red de Acceso Inalámbrico	45
Figura 15: Protocolos LTE-Arquitectura	47
Figura 16: Estructura de la trama genérica para Downlink y Uplink LTE.....	49
Figura 17: LTE-Organización capa2.....	56
Figura 18: Scheduling de paquetes en OFDMA	59
Figura 19: Técnicas de Scheduling	60
Figura 20: Topología LTE y UMTS	61
Figura 21: Diagrama de constelación 16 y 64 QAM	62
Figura 22: Modulación y codificación SINR (Relación señal interferencia).....	63
Figura 23: Elementos de red LTE	64
Figura 24: Latencia LTE	70
Figura 25: SU-MIMO.....	71
Figura 26: MU-MIMO en el downlink (enlace de bajada)	72
Figura 27: Equipo de Usuario	73
Figura 28: Arquitectura de la red troncal LTE	75
Figura 29: Capacidad total estación base.	76

Índice de tablas:

Tabla 1: Tecnologías de telefonía móvil – Características.....	13
Tabla 2: Características MU.....	20
Tabla 3: Características de la RRU	22
Tabla 4: Características de la SIU	24
Tabla 5: Panel de Alarmas	34
Tabla 6: Cable Alimenticio.....	36
Tabla 7: Cableado de RF si RRU lejanas a las antenas	39
Tabla 8: Codificación base para cables coaxiales	40
Tabla 9: Descripción elementos núcleo de red	44
Tabla 10: Bandas de frecuencia disponibles para LTE	46
Tabla 11: Enlace de bajada (Downlink)- parámetros de modulación	50
Tabla 12: Enlace de bajada (Downlink)-Canales físicos	51
Tabla 13: Enlace de bajada (Downlink)-Canales de transporte.....	51
Tabla 14: Procesamiento de la capa física Downlink	52
Tabla 15: Enlace de subida (Uplink)-Parámetros modulación.....	53
Tabla 16: Enlace de subida (Uplink)- Canales físicos	53
Tabla 17: Enlace de subida (Uplink)- Canales de transporte.....	54
Tabla 18: Enlace de subida (Uplink)-Procesamiento de la capa física	54
Tabla 19: Canales lógicos de control del enlace de subida	57
Tabla 20: Canales lógicos de tráfico.....	57
Tabla 21: Datos y características de proveedores de equipos EPC (Red Troncal) LTE	67
Tabla 22: Propuestas de Empresas de Telecomunicaciones	68
Tabla 23: Parámetros de la capa física del terminal.....	74
Tabla 24 : Comparativa WIMAX y LTE.....	78



Resumen

La tecnología avanza a pasos agigantados y la tecnología en telecomunicaciones no se ha quedado atrás, logrando hoy en día llegar a la LTE (Long Term Evolution). LTE corresponde a la 4ta generación de tecnología de datos móviles y actualmente la más avanzada del mundo que trae mejores formas de comunicación, esto quiere decir más velocidad, mayor rendimiento y capacidad que sus redes antecesoras 2G y 3G.

El presente estudio pretende dar a conocer las limitaciones técnicas en el despliegue de la tecnología LTE en la ciudad León, Nicaragua. De esta manera poder determinar si con la infraestructura instalada, es posible proporcionar los servicios de Internet de alta velocidad a los usuarios móviles de la ciudad de León.

En este trabajo se podrá apreciar la caracterización de la arquitectura y descripción de la red y se realizarán pruebas protocolarias en una red LTE de una empresa de telecomunicaciones nacional. LTE se muestra como una verdadera tecnología móvil de banda ancha que permitirá ofrecer a los usuarios servicios de mayor calidad y rapidez.

Asimismo, con este estudio se comprobará si la nueva incorporación de este servicio a la red telefónica, es provechoso en cuanto a las descargas por telefonía celular con la utilización de la tecnología LTE.



CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN



1.1 Antecedentes

En una sociedad en la que la tecnología adquiere mayor relevancia cada día y las necesidades de los usuarios a la hora de comunicarse y estar conectados con el resto del mundo son cada vez más exigentes, se convierte en algo imprescindible la evolución de las mismas.

La telefonía celular ha pasado por cuatro generaciones. La primera o 1G fue para hacer y recibir llamadas de voz desde un teléfono en movimiento. Luego la 2G permitió además el envío de mensajes de texto, correo electrónico y una conexión básica a internet. Después la 3G permitió, además de la transmisión de voz y datos, una conexión real a internet y al contenido de vídeos y descarga de aplicaciones móviles, limitada por una velocidad de transmisión. La tecnología 4G basada en LTE representa un gran avance para la industria de las telecomunicaciones porque es sumamente rápida, eficiente e inteligente, lo que permite tener una experiencia extraordinaria al usuario.

En Nicaragua no fue hasta finales de octubre del 2015 que la Compañía de Telecomunicaciones Claro hace el lanzamiento comercial de la tecnología 4G LTE, posteriormente en Diciembre del mismo año la Empresa Movistar lanza el mismo servicio a los consumidores.

También se ha de destacar que a la fecha de este estudio no hemos encontrado algún tipo de estudio exclusivo de la 4G LTE en la ciudad de León, tal vez por el poco tiempo de inserción que lleva en el país, por lo que podemos aseverar que es un estudio de vanguardia que podrá ser utilizado para futuros estudios, sin embargo, sí se encuentran estudios sobre esta tecnología en otros países latinoamericanos, donde la tecnología LTE ya lleva varios años implementada.



1.2 Planteamiento del Problema

La evolución de la tecnología y la aparición de nuevas aplicaciones, ha llevado a cambiar el sistema de redes celulares existentes, para dar respuesta a la demanda de usuarios que cada vez requieren más ancho de banda, menores retardos, mejor calidad de servicio, etc.

Estas nuevas exigencias llevan a los operadores a realizar una serie de cambios en la arquitectura de red, pero no siempre hay necesariamente una mejoría en el servicio hacia el usuario final, por lo cual nos lleva a preguntarnos cuáles son las limitantes técnicas en el despliegue de la tecnología LTE en la ciudad de León de la Compañía de Telecomunicaciones Claro Nicaragua. Así mismo de manera concreta nos lleva a indagar cuál debería de ser la estructura de telecomunicaciones necesaria para el despliegue de la red.

Preguntas de Investigación:

Pregunta General:

¿Cuáles son las limitaciones técnicas en el despliegue de la tecnología LTE en la ciudad León-Nicaragua?

Preguntas específicas:

- ¿Cómo es la estructura de telecomunicaciones para el despliegue de la red LTE en la ciudad León- Nicaragua?
- ¿Qué ventajas tiene la tecnología 4G para el usuario final?
- ¿Qué otro tipo de tecnología ha desplegado, en años previos, la Empresa Claro en la ciudad de León?



1.3 Justificación

Nuestro estudio sobre el análisis de las limitaciones técnicas, operacionales y económicas en el despliegue de la tecnología LTE, nos permitirá determinar las condiciones que puedan afectar la expansión de esta tecnología en la ciudad de León y la forma en que cambia la estructura de telecomunicaciones actual en el desarrollo de la aplicación de la red LTE.

También el conocer las ventajas y desventajas que esta nueva tecnología trae al usuario y las empresas, nos dará un criterio para poder evaluar de manera razonable la viabilidad de esta actualización en la red de telecomunicaciones.

Asimismo, la comparación de la LTE con las tecnologías anteriores, demostrará que la evolución de esta tecnología es para el confort de los usuarios, al reducir tiempo de descargas y la amplitud de cobertura. El mejoramiento en la calidad de las comunicaciones de las empresas de telefonía celular, estarán obligadas a ofrecer un servicio de punta a la ciudadanía al estar actualizados y a realizar pruebas necesarias y constantes para el buen desempeño en el desarrollo de la red.



1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- ❖ Determinar las limitaciones técnicas, en el despliegue de la tecnología LTE en la ciudad León-Nicaragua, en el periodo comprendido entre los meses de Mayo a Octubre del año 2016.

1.4.2 Objetivos específicos

- ❖ Analizar la estructura actual de telecomunicaciones necesaria, para el despliegue de la red LTE en la ciudad León-Nicaragua.
- ❖ Explicar las ventajas hacia el usuario final que implica la adopción de esta tecnología LTE.
- ❖ Comparar la tecnología LTE con otras tecnologías predecesoras como WiMAX y WCDMA.



CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO



2.1 ¿Qué es 4G LTE?

4G LTE (Long Term Evolution) corresponde a la 4ta generación de tecnología de datos móviles y actualmente la más avanzada del mundo que trae mejores formas de comunicación, esto quiere decir más velocidad, mayor rendimiento y capacidad que sus redes antecesoras 2G y 3G.

Está basada completamente en el protocolo IP, siendo un sistema de sistemas y una red de redes, que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas. Esta tecnología podrá ser usada por modem inalámbricos, celulares inteligentes y otros dispositivos móviles. La principal diferencia con las generaciones predecesoras será la capacidad para proveer velocidades de acceso mayores de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a punta de alta seguridad que permitirá ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible. Tienen como característica principal una velocidad de transmisión de datos muy superior a la de las generaciones de redes inalámbricas anteriores, ofreciendo una mayor calidad de servicio y una recepción de datos superior a la actual tecnología 3G.

La telefonía tradicional o fija es un sistema que permite hacer llamadas, un dispositivo de telecomunicación diseñado para transmitir señales vocales por medio de señales eléctricas, que funciona gracias a la RTC, red desarrollada para el transporte de señales sonoras pero que igualmente puede transferir datos. La red fija de telefonía asigna a cada abonado un número y le autoriza a realizar y recibir llamadas telefónicas, asistencia telefónica mediante operadora, conexión con las redes telefónicas móviles, transferencia de datos y funciones adicionales como contestador, llamada en espera o desvío de llamadas.

2.1.1 Usos de las redes 4G

El principal uso que se le dará a esta tecnología de redes, es mejorar la comunicación entre los teléfonos celulares de todo el mundo, mejorando considerablemente la recepción y manteniendo una velocidad de transmisión de datos alta (100Mbps), aún si el usuario se encuentra en movimiento.

Otro uso que se le dará con mucha frecuencia a las redes 4G, es la ejecución de aplicaciones multimedia, ya que están pensadas para ofrecer el mejor soporte multimedia que se ha visto hasta la fecha. Además, mejorarán las conexiones Wi-Fi y las conexiones inalámbricas entre ordenadores.



2.1.2 Beneficios

En términos generales se puede decir que el usuario de 4G LTE tendrá una mejor experiencia del servicio de datos 4G LTE que permite experimentar mayores velocidades de navegación en comparación con la tecnología 3G.

4G LTE opera con un tiempo de respuesta más bajo, lo cual permitirá a los usuarios tener una interacción más rápida y fluida en aplicaciones que son exigentes en este aspecto, como por ejemplo los juegos en red. En términos generales se puede decir que el usuario de 4G LTE tendrá una mejor experiencia del servicio de datos.

LTE. Tecnología desarrollada por 3GPP y sobre la cual se basa este proyecto, considerada como de cuarta generación. Entre las principales características que posee el sistema LTE cabe mencionar:

- ❖ Está basado en conmutación de paquetes.
- ❖ Emplea las técnicas de acceso múltiple OFDMA para enlace descendente (Down link) y SC-FDMA para el ascendente (up link).
- ❖ Ancho de banda escalable entre los valores 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20MHz.
- ❖ Velocidades de transmisión de pico alcanzables superiores a los 100Mbps y 50Mbps en el enlace descendente y enlace ascendente respectivamente.
- ❖ Posee una mejor calidad de servicio a través de la reducción del tiempo de latencia, tanto en el plano de usuario como de control.
- ❖ Mejora la eficiencia espectral con respecto a los sistemas anteriores
- ❖ Nueva arquitectura de la red troncal, mucho más simplificada, más “plana”.
- ❖ Red basada completamente en IP, lo que se traduce en equipos más económicos y de fácil adquisición.

Los aspectos más importantes de la evolución de los sistemas hasta la actualidad se muestran en la Figura 1:

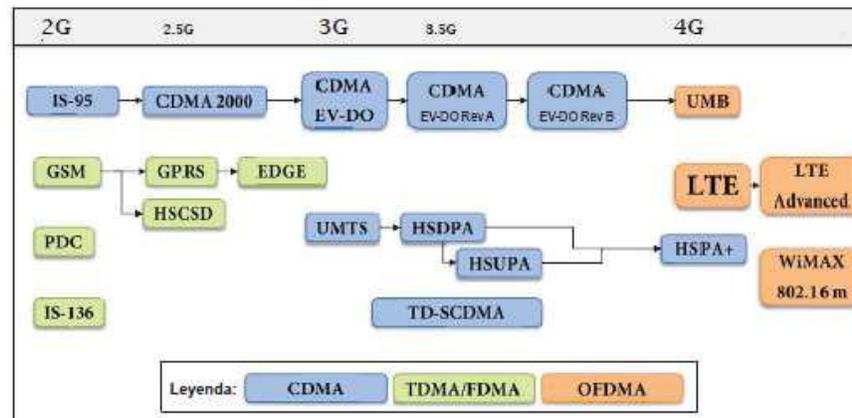


Figura 1: Evolución de los sistemas de telefonía Móvil

2.1.3 LA RED LTE (Long Term Evolution)

La evolución de la red 3G, es la red LTE, considerada como de cuarta generación. En esta evolución LTE ha heredado los aspectos más relevantes de 3G:

- ❖ Planificación (Scheduling)
- ❖ Técnicas Automatic Repeat Request (ARQ).
- ❖ Técnicas Hybrid ARQ (HARQ)
- ❖ Adaptative Modulation and Coding (AMC)

Los aspectos menos notables de 3G han sido la complejidad del núcleo de la red, protocolos y señalización, así como el uso poco eficiente del ancho de banda. Las consecuencias de estas debilidades han sido costes elevados y latencia.

LTE emplea nuevas técnicas de modulación y multi-acceso como OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) en el enlace descendente (DL) y SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) en el enlace ascendente (UL). Para el aprovechamiento de la propagación multi trayecto se emplea la tecnología Múltiple Input Múltiple output (MIMO).

La multiplexación por división de frecuencia (FDM) es un tipo de multiplexación en donde varias señales en banda base son moduladas en diferentes frecuencias de sub-portadoras que conformarán una única señal.



La multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) está basado en FDM y utiliza sub-portadoras ortogonales para transmitir datos, tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión. Es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias.

2.1.4 Ventajas y desventajas de la tecnología 4G

La tecnología 4G hace referencia a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil que ofrece una mejora de datos y unas velocidades mayores que en las generaciones anteriores. Está basada en el protocolo IP pudiendo ser utilizada por módems inalámbricos, móviles de última generación y otros dispositivos móviles.

Entre los servicios que ofrece este tipo de tecnología se encuentran:

- Redes inalámbricas de alta velocidad.
- Servicios multimedia HD
- Banda ancha móvil de alta velocidad.

Ventajas de la tecnología 4G

Entre las ventajas más importantes de la tecnología 4G se encuentran:

- ❖ Mejor que la tecnología 3G: permite una velocidad que puede llegar a ser entre cinco y diez veces la velocidad de la tecnología 3G.
- ❖ Gran velocidad: la velocidad de descarga es de 150 Mbps mientras que la de subida es de 50Mbps.
- ❖ Vídeos sin interrupciones: permite poder visionar vídeos sin sufrir la imagen ningún tipo de corte ni de interrupción.
- ❖ Menor tiempo de respuesta: el tiempo de la reacción de la red es menor, así como el tiempo de respuesta del servidor que se reduce de forma considerable frente a otras tecnologías.



Desventajas de la tecnología 4G

Entre las principales desventajas de la tecnología 4G se encuentran:

- ❖ Cobertura: hoy en día todavía la cobertura de 4G es limitada, por lo que no puede ser utilizada en cualquier lugar.
- ❖ Terminales limitados: se trata de una tecnología que sólo puede ser utilizada por algunos terminales de última generación.
- ❖ Precio: el coste de los servicios con soporte de esta tecnología es más caro que en otro tipo de tecnologías.
- ❖ Consumo de batería: se dice que la red 4G LTE consume más batería y es cierto. Sin embargo, esto se compensa con el hecho de que la velocidad de descarga que, como es más rápida, gastará menos energía en otros recursos de la tablet, como el procesador y la pantalla. Pero, por otra parte, existe la creencia de que como la transmisión de datos es más ágil, consumiremos tanto más batería como más contenido y con ello más tarifa de datos. Ello dependerá del uso que le demos al aparato.

2.2 Aspectos técnicos

El concepto de 4G trae unas velocidades mayores a las de 300 Mbps con un rating radio de 8.000 KHz. entre otras, incluye técnicas de avanzado rendimiento radio como MIMO y OFDM. Dos de los términos que definen la evolución de 3G, siguiendo la estandarización del 3GPP, serán LTE ('Long Term Evolution') para el acceso radio, y SAE ('Service Architecture Evolution') para la parte núcleo de la red. Los requisitos ITU y estándares 4G indican las siguientes características:

- ❖ Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS.
- ❖ Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio.
- ❖ La red completa prevista es todo IP.
- ❖ Las tasas de pico máximas previstas son de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente (con un ancho de banda en ambos sentidos de 20Mhz).

Los nodos principales dentro de esta implementación son el 'Evolved Node B' (BTS evolucionada), y el 'System Access Gateway', que actuará también como interfaz a Internet, conectado directamente al Evolved Node B. El servidor RRM será otro componente, utilizado para facilitar la Inter-operabilidad con otras tecnologías.



Las compañías telefónicas hacen pruebas constantes que le permitan informar a sus usuarios y al resto del mundo su compromiso bidireccional con la tecnología 4G, es decir, en la que tanto usuarios registrados como potenciales clientes puedan disfrutar de todas las comodidades necesarias con el objetivo de tener una comunicación móvil rápida y efectiva.

La actualización del sistema de telefonía móvil también conocida como tecnología LTE, está programada para abordar a la casi totalidad de abonados en las redes telefónicas con respecto al servicio móvil, lo que obviamente redundaría no sólo en la calidad del servicio y el número de nuevos inscritos, sino en la conformación del territorio español como un centro de operaciones tecnológicas realmente avanzado a nivel mundial.

Por supuesto que las ventajas ofrecidas por la generación 4G de la telefonía móvil son ineludibles, y solamente son inciertas las posibilidades reales de financiación que las personas tengan con respecto al mejoramiento de las posibilidades de una nueva e integrada comunicación vía celular.

Dentro de las características técnicas más sobresalientes de la tecnología 4G o de cuarta generación para la telefonía móvil está el envío de datos a una velocidad considerable de 50 megas y una descarga de los mismos al doble de esta velocidad, con lo que se acentúa uniformemente el grado de compatibilidad entre rendimiento y renovación que la empresa ha prometido dentro de sus estructuras tecnológicas. Por lo demás, también vale la pena asimilar o tener en cuenta que, con esta nueva incorporación de servicio a la red, se da un paso muy importante y provechoso en cuanto a las descargas por telefonía celular con la utilización de la tecnología TLE

Por ejemplo, para la descarga entera de 1G, era necesario en el 2001 gastarse alrededor por parte de cualquier persona hasta tres desesperantes horas, pero con la aplicación de la intervención 4G en telefonía móvil, es posible hacer esta misma operación en tan sólo 54 segundos.

Mayor velocidad, cobertura, planes de atención programada y unos costos que se esperan sean justos y redituados a la verdadera capacidad de pago de los clientes, es lo que la nueva tecnología 4G en telefonía móvil está por ofrecer. No hay que olvidar que la compañía por ahora ofrece otro novedoso servicio de capacidad dentro de la tecnología móvil con el establecimiento de la red, en reciente fecha, HSDPA+ (Evolved High-Speed Packet Access), que permite a los usuarios de telefonía móvil un uso representativo de 80 megas de transmisión de datos por segundo.



LTE, evolución a largo plazo, es el estándar de comunicaciones móviles que da paso a la siguiente generación de redes móviles y nace para cubrir principalmente las siguientes necesidades:

- ❖ Tener una conexión de datos que descargue y suba datos a mayor velocidad.
- ❖ Estándar menos complejo y reduce significativamente costos.
- ❖ Asegurar la competitividad del 3G en el futuro, por ejemplo, frente a WiMAX.

LTE permite tener velocidades de 50 Mbps y 100 Mbps para Uplink (UL) y Downlink (DL) respectivamente como se observa en la Tabla 1, el ancho de banda de LTE es variable pudiendo encontrarse desde 1,4 a 20 MHz.

PARAMÉTROS	WCDMA UMTS	HSPA HSDPA/HSUPA	HSPA - Plus	LTE -4G
Máxima Velocidad enlace de bajada (Mbps)	384Kbps	14Mbps	28Mbps	100Mbps
Máxima Velocidad enlace de subida(Mbps)	128Kbps	5.7Mbps	11Mbps	50Mbps
Latencia	150 milisegundos	100 milisegundos	50 milisegundos máximo	10 milisegundos
Release 3GPP	99/4	5/6	7	8
Año aproximado De lanzamiento	2003/2004	2005/2008	2008/2009	2009/2010
Método de acceso	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/ SCFDMA

Tabla 1: Tecnologías de telefonía móvil – Características



2.2.1 Requerimientos definidos por la ITU

A continuación, se analiza varios requerimientos que la ITU (Unión internacional de Telecomunicaciones) aconseja tomar en cuenta para 4G-LTE como son:

- ❖ **Tasa binaria de pico:** De acuerdo a la ITU el sistema debe soportar una tasa binaria pico de 1Gbps y de 500Mbps, en caso de utilizar antenas MIMO (Múltiple entrada-múltiple salida) 4x4 para Downlink (enlace de bajada).
- ❖ **Latencia:** Para analizar la latencia existen dos puntos a analizar cómo:
 - **Plano de control:** El tiempo de transición desde el modo IDL (con dirección IP asignada) a modo conectado debe ser menos de 50 milisegundos, incluyendo el establecimiento del plano de usuario. El objetivo para la transición desde un estado pasivo aun modo conectado, DRX (Discontinuos Reception) debe ser menos de 10 milisegundos, excluyendo el retardo que genera el DRX.
 - **Plano de usuario:** El tiempo de tránsito unidireccional entre el instante en que un paquete está disponible en la capa IP del nodo UE (equipo de usuario) y en que lo está en el nodo frontera de la red de acceso radio, la latencia será inferior a 5 milisegundos en condición descargada: un único usuario y un solo flujo de datos
- ❖ **Eficiencia espectral:** La ITU recomienda que en el canal descendente con una configuración de antena 8x8 LTE debe soportar una eficiencia espectral pico de 30bps/Hz, y en el ascendente una eficiencia espectral pico de 15bps/Hz con una configuración de antena 4x4.
- ❖ **Throughput en el borde de la célula:** La ITU en sus requerimientos hace posible que el *throughput (velocidad real de transporte de datos)* de usuario en el borde de la célula sea el más alto posible generando pérdidas mínimas de paquetes.
- ❖ **Movilidad:** Según la ITU el sistema debe soportar movilidad a lo largo de la red celular para varias velocidades que van desde 350Km/h hasta 500Km/h dependiendo de la banda de frecuencia utilizada en la red.

- ❖ **Cobertura:** Los objetivos básicos deben alcanzarse en células de hasta 5 Km de radio, con ligera degradación hasta 30 Km de radio.
- ❖ **Flexibilidad espectral:** Las bandas de frecuencia identificadas a parte de las ya fijadas en LTE release son las siguientes: 450-470, 698-862 y 790-862 MHz, 2.3-2.4, 3.4-4, 2y 4. 4-4.99 GHz. Soporta tanto FDD (*Frequency División Duplexing*) como TDD (*Time División Duplexing*) para banda emparejadas y sin emparejar.

2.3 Funcionamiento general de una red móvil

En la Figura 2 se muestra los elementos que intervienen en una llamada efectuada a través de un móvil.

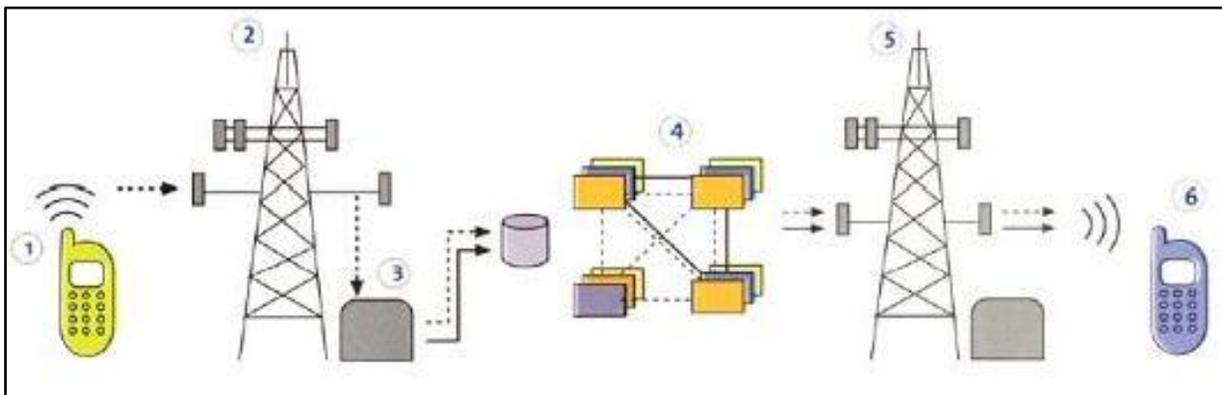


Figura 2: Esquema de funcionamiento de una red móvil

Los pasos a seguir para establecer una comunicación móvil son los siguientes:

1. El usuario realiza una llamada que interceptan las antenas receptoras.
2. Antenas
3. Estación base: Las antenas envían la información a las estaciones base o las transforman para mandarlas a los centros de conmutación.
4. Nodos de conmutación: Los nodos de conmutación reciben todas las informaciones, ordena y las envía según donde se encuentre el destinatario: a la red fija (con lo que se acaba el trayecto de la llamada en la red móvil) o dentro de la red móvil si el destinatario es un móvil
5. Antenas: Las antenas reciben información y la transmiten en la zona donde se encuentra el usuario.
6. Llamada: El usuario recibe la llamada.



Del análisis de la Figura 2 se concluye que las instalaciones radio eléctricas constituyen un elemento imprescindible de la red móvil a la hora de establecer conexiones.

Sub-portadora

LTE al utilizar modulación OFDM permite tener sub-portadoras, estas sub-portadoras están distribuidas sobre toda la banda de frecuencias asignada al usuario, pudiendo obtenerse un espectro de hasta 1200 bandas.

Multiplexación por división de frecuencia ortogonal

Tipo de multiplexación donde varias señales en banda base son moduladas utilizando diferentes frecuencias de sub-portadoras, las mismas que conformarán una única señal.

OFDMA y SC-FDMA-Técnicas LTE de acceso

Las técnicas de múltiple acceso que utiliza LTE son dos: OFDMA y SC-FDMA

Como se observa en la Figura 2, las mismas que se detallan a continuación:

- ❖ OFDMA: Extensión de OFDM, es usada en el *down link* (enlace de bajada) de LTE.
- ❖ SC-FDMA: Extensión de OFDM, es usada en el *Uplink* (enlace de subida) de LTE.

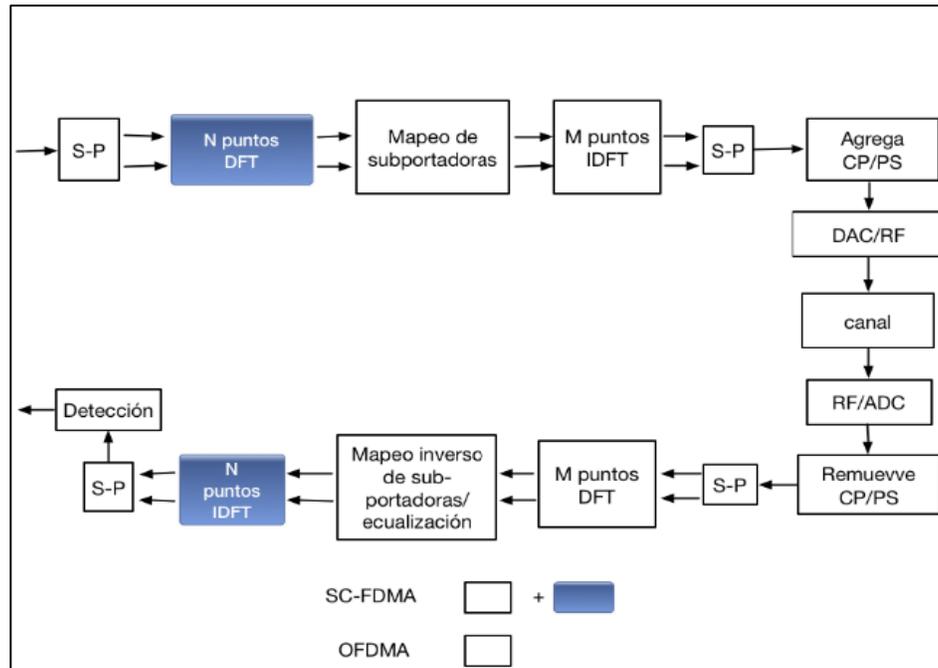


Figura 3: Estructura de SC-FDMA y OFDMA

En la Figura 4 se observa el trabajo que realiza OFDMA, así como SC-FDMA con un símbolo de datos.

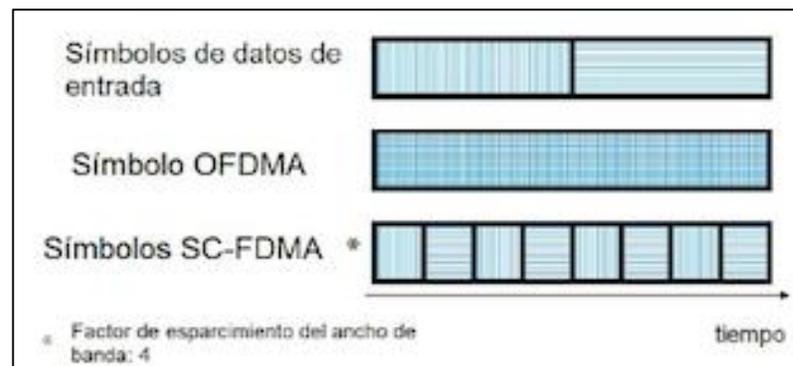


Figura 4 Diferencia de la señal en el dominio del tiempo

2.4 Arquitectura-LTE

LTE reduce significativamente su arquitectura con respecto a generaciones anteriores, la misma consta únicamente de dos elementos que son: núcleo de red y red de acceso como se observa en la Figura 5, donde la primera corresponde al EPC (Red Troncal) (*Evolved Packet Core*) que proviene del SAE (Arquitectura LTE) (*System Architecture Evolution*), y la red de acceso también llamada E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico)

evolución de UTRAN, conformando entre los dos elementos el EPS (*Evolved Packet System*) también conocida como red UMTS evolucionada.

El EPS (Red UMTS evolucionada) conecta a los usuarios a las redes lógicas para conexión PDN (*Packet Data Network*) utilizando direcciones IP, lo que le permite utilizar varios servicios como: Voz IP, Internet, elementos de EPS (Red UMTS evolucionada) y sus diferentes interfaces.

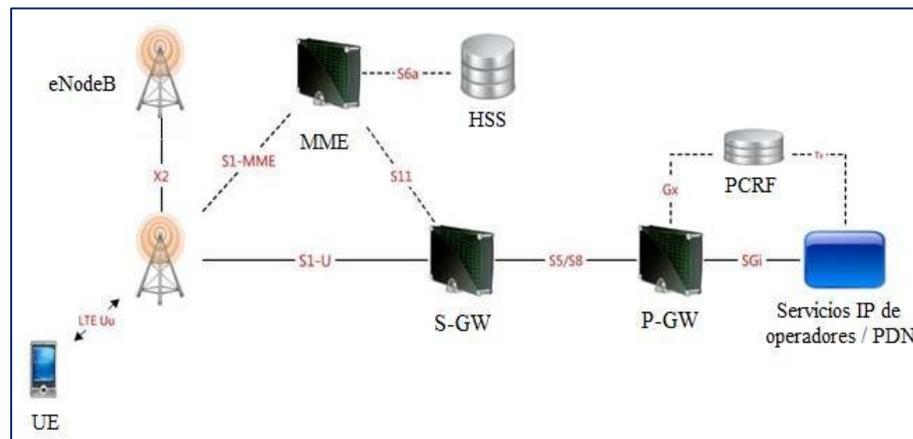


Figura 5: Elementos de Red UMTS evolucionada (EPS)

2.5 Elementos del Nodo Distribuido de Ericsson RBS6600

La RBS6601 es una estación base de la familia de la RBS 6600 para GSM, DCS, UMTS o LTE. La RBS 6601 consta de una unidad principal indoor llamada Main Unit (MU) y de un número de RRU que se localizan junto a las antenas.

2.5.1 RBS 6601

La RBS 6601 se compone de una unidad de banda base llamada Main Unit (MU) y de un máximo de seis unidades radio remotas (RRU), la unión entre ambas se realiza a través de fibra óptica. En la siguiente figura se muestran las partes principales de la MU:

- ❖ A: Main Unit (Support System).
- ❖ A1: Módulo de ventilación.
- ❖ A2: Soportes móviles (orejeras).
- ❖ B: DU. (Digital Unit)

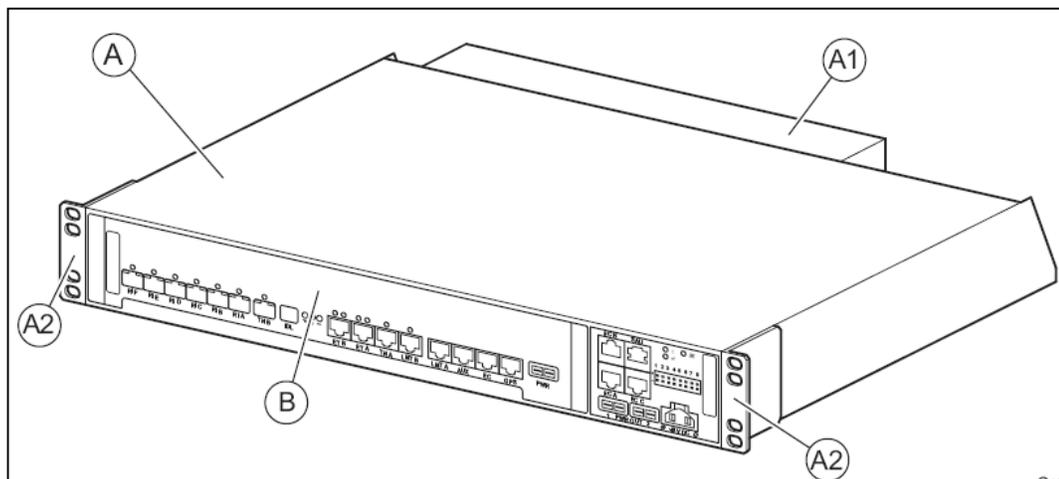


Figura 6: Partes de la MU

Las interfaces de conexión de la MU se muestran en la siguiente figura:

- ❖ A: Interfaz de conexión a tierra.
- ❖ B: Interfaz de alarmas externas.
- ❖ C: Interfaz de alimentación SAU.
- ❖ D: Interfaz de alimentación de entrada.
- ❖ E: DU con las interfaces de:
 - Gestión LAN.
 - GPS.
 - E1y Ethernet óptica/eléctrica.

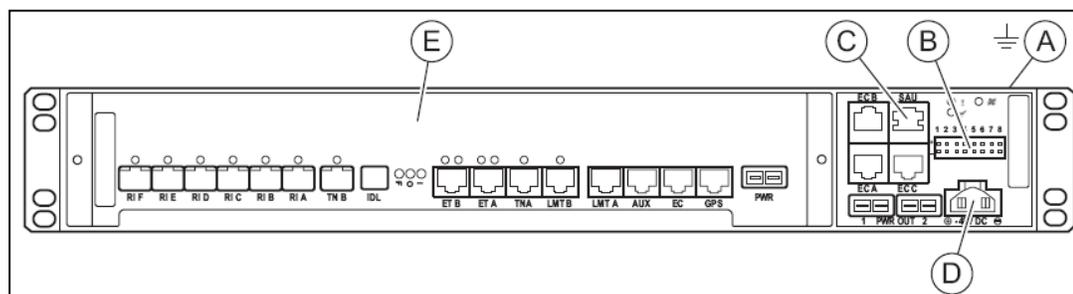


Figura 7: Interfaces MU

Características MU

Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	66x483x350 mm
Espacio necesario en rack 19"	2U
Peso (totalmente equipada)	<10kg
Rango de temperaturas (°C)	De +5a +50°C
Consumo máximo	405W

Tabla 2: Características MU

DUG:

Esta unidad es la controladora del estándar GSM. Proporciona conmutación, gestión del tráfico, temporización e interfaz radio. Tiene una capacidad máxima de 12 portadoras.



Figura 8: DUG

DUW:

Esta unidad es la controladora del estándar WCDMA (UMTS). Proporciona conmutación, gestión de tráfico, temporización, procesado en banda base e interfaz radio. Tiene capacidad máxima de 768 channel elements en el DL y 512 en el UL.



Figura 9: DUW

DUS:

Esta unidad es una controladora multi-estándar para LTE. Proporciona conmutación, gestión del tráfico, temporización, procesado en banda base e interfaz radio.



Figura 10: DUS

RRU:

La RRU es la unidad remota de radio. Puede localizarse remotamente de la RBS Main Unit (MU), hasta una distancia de 15 km. Las RRU están diseñadas para ser instaladas junto a las antenas de una RBS. Un cable de fibra óptica, también llamado enlace de interfaz óptico (Optical Interface Link-OIL), conecta las RRU a las RBS MU. Hasta 6RRU pueden ser conectadas en configuración estrella con enlaces OIL a la RBS.

La RRU se conecta a las antenas mediante cable RF. Como norma general se instalarán lo más próximo posible a las antenas de radio, aprovechando elementos estructurales existentes en los emplazamientos.



Las características de las RRU son:

	RRURRUW/RRUS01	RRUS11	RRUS12
Dimensiones con carcasa (mm) Alto x Ancho x Profundo	636x383x169	500x431x182	518x470x187
Peso (cubierta solar incluida)	20 kg	23 kg	26,3kg
Espacio libre mínimo en la parte superior		500mm	
Espacio libre mínimo en la parte inferior.		300mm	
Espacio mínimo libre entre 2RRU		200mm	
Espacio libre en el frontal		>1.000mm	
Rango de temperaturas de trabajo		De -40 ^a +55°C	
Diámetro de tubo soporte (si se instala tubo soporte)		60–120mm	

Tabla 3: Características de la RRU

Conexiones RRU:

- ❖ Alimentación en DC -48Vdc desde un disyuntor de la DC-Box por cada RRU.
- ❖ Conexión a tierra con cable amarillo-verde, sección mínima 35 mm². Siempre que las 3 RRU estén próximas se instalará una pletina de tierra donde se conectarán las tierras de las 3RRU.
- ❖ Conexión de la FO procedente de la MU (una manguera de 2fibras por cada RRU).
- ❖ Conexión con el sistema radiante (directamente a la antena o aun diplexor), mediante cable de RF con jumper de 501/2" coaxial de conector 7/16 M en ambos extremos.

La RRU se tiene que instalar verticalmente para una correcta circulación de aire conforme a los rangos de temperaturas establecidos por Ericsson. Las RRU se instalarán con soporte a pared o a tubo soporte.

Existen dos tipos de soporte distintos para la instalación de la RRU sobre mástil, los cuales son válidos para los siguientes diámetros de tubo:

- ❖ 60-120mm con simple anclaje.
- ❖ 35-155 mm, de forma excepcional para lo que es necesario instalar el kit de montaje (Mounting bracket), suministrado por Ericsson.

Todas las RRU están protegidas contra descargas y no es necesaria la instalación de descargadores de gas.

DC-BOX:

Para dotar de protección contra sobretensiones (OVP, Over Voltage Protection) a las conexiones de alimentación de las RRU, se instalará una DC-BOX. Esta se alimentará de un disyuntor, o dos paralelos, de la parte no prioritaria del equipo de fuerza del emplazamiento. Las MU deberán alimentarse en primera opción del equipo de fuerza del emplazamiento; en segunda opción, de la DC-BOX.

La DC-BOX proporciona 9 (Etek) o 10 (Delta) disyuntores de 30^a, en una unidad de 1U de altura, con protección OVP tipo II accesible desde el frontal.

Se instalarán siempre en la parte superior del módulo de transporte, rack de 19" o armario de intemperie donde se equipe.

SIU:

La SIU es el elemento que posibilita la migración a tráfico IP de las RBS. Se trata de una tarjeta de 1 U de altura y enrackable en 19", que proporcionará un interfaz común entre las RBS (ya sean de GSM, UMTS o LTE) y las redes de transporte IP Ethernet o IP sobre PDH.

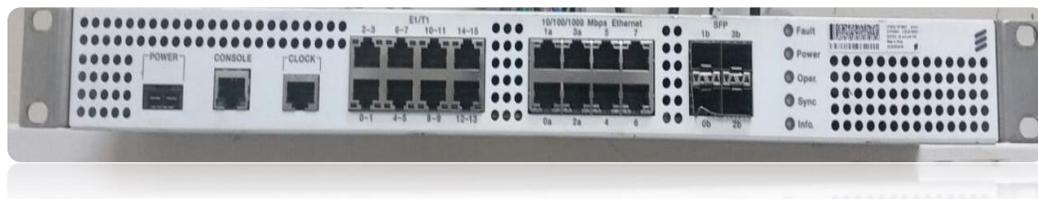


Figura 11: SIU

**Características SIU:**

Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	43 x 482 x 252 mm
Espacio necesario en rack de 19"	1 U
Peso (totalmente equipada)	3,9 kg
Rango de temperaturas de trabajo	De +5a +50°C
Alimentación	-48Vdc de las propias

Tabla 4: Características de la SIU

Alimentación: la SIU se suministra con un cable de alimentación. El otro extremo se conecta a un puerto de la RBS6601 de UMTS y se alimenta a través de esta, por lo que no ocupa posición en quipos de fuerza.

- ❖ Consola: puerto RJ-45 para configuración.
- ❖ Reloj: puerto que proporciona señal de entrada-salida de reloj para sincronismo.
- ❖ Interfaces 1: constan de 16E1 en 8 puertos RJ-45 que se puede configurar como entrada o como salida.
- ❖ Interfaces Ethernet eléctricos: son 8 puertos RJ-45 10/100/1.000Mbps Ethernet. Los puertos nombrados como 0a, 1a, 2a y 3a se corresponden con los puertos ópticos 0b, 1b, 2b y 3b. Por tanto, solo pueden usarse unos u otros.
- ❖ Interfaces Ethernet ópticos: son 4 puertos a los que se debe instalar un SFP para poder ser utilizados.

2.5.2 Descripción de la instalación

La instalación adoptada refleja el procedimiento de ejecución de la estación base (infraestructura e instalación de equipos) y la adaptación a la normativa vigente adecuando los procedimientos constructivos a los sistemas de construcción habituales.

- ❖ Una caseta de equipos situado en la azotea del edificio.
- ❖ Un sistema radiante compuesto por un mástil tubular sobre la azotea, auto soportado para los tres sectores (LTE 1800, LTE 800 y U 2100).

Dicha Estación Base se encuadra dentro del tipo Urbana BTS. Los equipos de RF y el resto de equipos auxiliares se distribuirán en el interior de la referida caseta. En su interior irán los equipos de UMTS y LTE y de transmisión, quedando la misma para realizar ampliaciones futuras.

El contenedor de equipos contendrá en su interior los siguientes elementos auxiliares:

- ❖ Un cuadro eléctrico.
- ❖ Un panel de alarmas.



- ❖ Un equipo de aire acondicionado.
- ❖ Equipos de radio UMTS, LTE de transmisión.
- ❖ Equipos de fuerza UMTS, LTE y todos los elementos auxiliares y accesorios definidos para una sala de este tipo.

2.6 Instalaciones

2.6.1 Electricidad y alumbrado

La conexión se lleva a cabo donde indique la Compañía Suministradora, cumpliendo en todo momento lo establecido en el R.E.B.T. (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión) a través de sus instrucciones técnicas complementarias desde la ITC-BT-19 hasta la ITC-BT-24, así como las normas de la citada compañía. El suministro será en baja tensión, trifásico 380V.c.a.

Los conductores de protección seguirán el R.E.B.T.-ITC-BT-26.

El cableado a utilizar en todos los casos, deberá estar formado por conductores ignífugos (no propagador de llama o incendio), sin emisión de halógenos metálicos, baja toxicidad y corrosividad, sin desprendimiento de humos. Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables y se realizará dicha identificación por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación se identificará por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará con el verde-amarillo y todos los conductores de fase, por los colores marrón, negro o gris.

Desde el punto de toma hasta la Caja General de Protección, se prevé cable tetrapolar de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), con una tensión de aislamiento de 1000 V. Se instala un interruptor magneto térmico general y un diferencial.

En forma general, las líneas que parten del cuadro general de mando y protección y que alimentan a los diferentes receptores tendrán la sección suficiente para que la máxima caída de tensión admisible sea del 3% para las líneas de alumbrado y del 5% para el resto de receptores.

La Caja General de Protección y el Cuadro General de Mando y Protección serán de un grado de protección mecánica al menos IP-437 (UNE 20.324), siendo las caras laterales y el fondo resistente a los álcalis (UNE 21.095). El armario de medida y protección (contador) se colocará en sitio visible y accesible. Las características del módulo de contadores serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia contratada



se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo (Art. 48 del Reglamento de Verificaciones Eléctricas).

Habrá que prever la Caja General de Protección, Cuadro General de Mando y Protección y Armario de Medida y Protección para una posible futura ampliación de las instalaciones en un 200%. El diámetro de los tubos será, como mínimo, tres veces la sección total ocupada por los conductores.

2.6.2 Cuadro eléctrico

Es un cuadro de tipo adosado a la pared del contenedor de equipos realizado en material plástico moldeable con clase de aislamiento 2 auto extinguido a 960°C y prueba de impacto al menos 300 N/cm². Está equipado con un terminal de toma de tierra de 12x2mm.

La entrada del cable de alimentación en el contenedor de equipos está realizado en tubo PVC hasta el espacio destinado al interruptor general de baja tensión.

Desde el cuadro se alimentan los siguientes circuitos:

- ❖ Alimentación del aire acondicionado.
- ❖ Alimentación de rectificadores.
- ❖ Alimentación panel de alarmas.
- ❖ Alimentación tomas de corriente.
- ❖ Iluminación exterior.
- ❖ Iluminación interior.
- ❖ Reservas.

Los cableados de uniones entre equipos están realizados con conductores ignífugos utilizando como mínimo el tipo de cable H07V-R según UNE 2013/3, de sección adecuada para la intensidad que circule por los mismos, nunca supere los valores preestablecidos.

La conexión de los cables se realizará por los tubos de PVC, estancos y estables hasta una temperatura de 60°C y no propagadores de llama y con un grado de protección 7 contra daños mecánicos, de diámetro adecuado para la canalización de los cables por su interior sin necesidad de hilos guía para cada circuito.



Con objeto de asegurar una autonomía de funcionamiento de los equipos en situación de ausencia de energía eléctrica de la compañía suministradora, se dispone de un equipo de baterías con una autonomía variable y de hasta un máximo de 8 horas. Las baterías serán herméticas de forma que no desprendan gases ni sea necesario añadirles agua. El tipo de baterías a utilizar serán las homologadas.

La caseta al estar destinada a albergar cuadros eléctricos cumplirá con lo especificado en ITC-BT-30Apt.8.

El cuadro eléctrico, según ITC-BT-17, dispondrá al menos de:

- ❖ Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- ❖ Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- ❖ Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.
- ❖ Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC_BT-23.

2.6.3 Iluminación interior y exterior

- ❖ Iluminación interior: se instalarán luminarias tipo pantalla empotrada en falso techo, con cuerpo de poliéster con fibra de vidrio, reflector de chapa de acero prelacado y difusor de metacrilato y arranque por cebador rápido de 4x18V y contención de alimentación de 220Vca.
- ❖ Iluminación exterior: se dispone de un equipo de iluminación sobre el marco superior de la puerta. El equipo debe estar integrado por una luminaria estanca con difusor de vidrio, y rejilla anti vandálica, accionada mediante dispositivo detector de presencia y célula fotoeléctrica. El detector de presencia debe ser del tipo sensor volumétrico infrarrojo instalado en carcasa de plástico blanco con temporización ajustable.
- ❖ La iluminación exterior se activará al detectar movimiento sobre la puerta de entrada y accionamiento de la misma, en caso de bajo nivel de luz. Solamente podrá ser alimentado por



fuentes propias de energía sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por una fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía, esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar suministro exterior para proceder a su carga.

2.6.4 Equipos de fuerza

Debido a que los equipos de radio y transmisión se alimentan con corriente continua, necesitamos instalar en la EB un equipo que sea capaz de suministrar dicha corriente y, lo que es más importante, mantener dicho suministro con cierta autonomía aún en el caso de fallo del suministro externo en alterna. (*Plano 4 y 5*)

Se ha optado por instalar un equipo de fuerza en configuración mixto (24v/48v) que es un equipo de alimentación ininterrumpida para aplicaciones industriales. Emplea un sistema de alimentación universal, es un sistema de alimentación en flotación simple donde los rectificadores, distribución y baterías están conectados en paralelo, lo que permite una alimentación de las cargas desde las baterías sin ningún tipo de pérdida posibilitando una mayor autonomía.

Este sistema se dice universal ya que con la misma mecánica se puede configurar como mono tensión (-48Vcc ó +24Vcc) o como mixto (-48Vcc y +24Vcc) permitiendo la alimentación de equipos de radio, transmisión y otros usos que trabajen a cualquiera de las dos tensiones. En muchas ocasiones es necesario un sistema mixto ya que, si se pretende ampliar una estación base existente, muchas operadoras actualmente disponen de muchos bastidores alimentados a +24Vcc, y en caso de que se necesite trasladar alguno de ellos ala EB actual, no precisaríamos instalar otro equipo de fuerza adicional.

El sistema además es modular, permitiendo montar solamente los rectificadores necesarios en función del consumo previsto, pudiendo aumentar el nº de estos cuando crezcan las necesidades de consumo.

Dicho equipo de fuerza soporta hasta dos secciones de baterías (en el caso de configurarse como mixto sería una por cada tensión de suministro) haciéndose cargo las mismas en ausencia de red alterna del suministro de energía a las cargas suministrando la corriente que se demande durante la interrupción. El tiempo de autonomía dependerá de la capacidad de cada sección de baterías. Para aumentar este tiempo de autonomía el equipo divide salidas a cargas en dos barras de suministro (cargas prioritarias y cargas no prioritarias) de manera que antes que las baterías bajen al nivel de desconexión, parámetro cuyo valor se puede configurar, se desconectan las cargas no prioritarias permitiendo de esta forma que las cargas prioritarias permanezcan más tiempo alimentadas por la batería.



Físicamente el sistema está formado por un bastidor metálico que incorpora los elementos rectificadores 230Vca/-48Vcc o +24Vcc, cuadros de distribución independientes para cada salida (en el caso mixto), protecciones de baterías y los elementos de control-supervisión necesarios.

Este bastidor descansa sobre una bancada soporte que se asienta al suelo mediante unas patas niveladoras. Esta bancada soporte permite alojar 2 secciones de baterías.

El bastidor está dividido en dos módulos principales, que se unen entre sí mediante tornillos y que son:

- ❖ Módulo de energía: es la parte superior del armario y aloja los principales componentes del sistema de alimentación.
- ❖ Módulo de baterías: es la parte inferior del armario y es el lugar donde se ubican las baterías.

El peso aproximado del bastidor totalmente equipado con rectificadores, convertidores, cadenas de baterías es de 170kg.

El módulo de baterías necesita de la conexión de:

- ❖ Mangueras de corriente alterna conectadas a los cuadros eléctricos y etiquetados en este como PSU_1, PSU_2, (cada manguera constará de tres cables de 2,5 mm² de sección).
- ❖ Cables de alarmas.
- ❖ Cables de tierra.

2.6.5 Alumbrado de emergencia. Protección contra incendios.

La entrada en funcionamiento del alumbrado de emergencia se producirá ante un corte de tensión o una bajada por debajo del 70% del valor nominal y funcionará durante un mínimo de una hora.

La lámpara proporcionará 0,20 lux a nivel del suelo en los recorridos de evacuación y 5 lux donde estén situados los medios manuales de extinción de incendios y en los cuadros de mando, maniobra y protección.

La estructura presentará un grado de estabilidad al fuego mínimo de EF-60. Los paramentos de la caseta presentarán una resistencia al fuego mínima de RF-120.



La salida se dispondrá de forma que se dé cumplimiento al Código Técnico de la Edificación, abriendo hacia el exterior.

Como medio de extinción se dispondrá de un extintor portátil de eficacia 21A-113B. El extintor se dispondrá de forma que pueda ser utilizado de manera rápida y fácil, de tal forma que el extremo superior del mismo esté a una altura del suelo inferior a 1,70m.

Se instalará un sistema automático de detección de incendios, con al menos un detector óptico de humos y un termovelocimétrico, con el/los correspondiente/s panel/es de alarmas. El detector de humos es un detector de tipo óptico de humos según UNE 23007/7. Formado por cámara oscura, emisor y receptor de infrarrojos, microprocesador de estado de alarma o reposo, led de alarma con enclavamiento rearmable desde la central de alarmas, chequeo automático del funcionamiento, salida para indicador remoto de alarma con estabilizador de tensión incorporado. El detector termovelocimétrico según UNE 23007/6 está formado por un circuito electrónico con doble función de alarmas sobre el control del ambiente:

- ❖ Diferencial: bajo subidas bruscas de temperatura (10°C/minuto).
- ❖ Térmica: subidas lentas de temperatura (58°C).

2.6.6 Señalización y balizamiento

En aquellos casos establecidos por la normativa vigente de la OACI (Organización de Aviación Internacional), y siguiendo las directrices de la Dirección General de Aviación Civil, los mástiles se señalarán en franjas rojas y blancas, consiste en pintar la estructura en color rojo-blanco-rojo-etc. En 7 secciones de 1/7 de la altura a partir de su arranque (comenzando y terminando en rojo).

Las balizas nocturnas de las estructuras de menos de 45 metros se realizarán mediante la instalación de dos luces de obstáculos tipo led de baja intensidad tipo A en la parte superior de la estructura.

En el caso de nuestra propuesta no se llevará a cabo la señalización, ya que nuestro mástil de 4,5m (*Plano 1*) no supera las limitaciones impuestas por la OACI y el balizamiento tampoco se tendrá en cuenta porque nuestro edificio no se encuentra en zona de circulación de aviones, helicópteros



2.6.7 Puestas a tierra

Tierra, así como para minimizar el riesgo de averías en los equipos, o bien para asegurar el correcto funcionamiento de las protecciones eléctricas, se instalan unas redes de puesta a tierra con una resistencia inferior a 10 Ohmios, de forma que la tensión de contacto no sobrepase los 24V.

La sección nominal del cable de puesta a tierra es de 50 mm², realizándose la unión a las picas o electrodos de puesta a tierra mediante soldadura cadweld del tipo apropiado. Las picas son de acero cincado y cobrizado en el exterior electrolíticamente con 0,25mm de espesor. La longitud mínima de la pica es de 2.00m. Y el diámetro es mayor de 17,5mm.

El número y tipos de electrodos a instalar dependerán en cada caso del terreno, debiéndose cumplir todas las prescripciones reglamentarias de valores máximos de las tensiones de paso y contacto, etc.

La Estación llevará dos sistemas de puesta a tierra: el sistema de la caseta y el de los equipos (*Plano 12*):

- 1) En el interior de la caseta se instalará una barra equipotencial de cobre, perforada, de 230x50x5mm. mínimo. Asimismo, en el interior de la caseta, se instala el conductor principal de la red de tierras del interior de la caseta, aislado, de $\Phi 35$ mm. y de color verde-amarillo. Este cable será de una sola pieza y tendrá su inicio y final en la barra equipotencial de tierras. A este cable de tierras se conectarán con cable de $\Phi 35$ mm. todos los elementos metálicos y accesibles que no estén en tensión interior de la caseta, así como la barra equipotencial de la protección de los cables coaxiales de antena. El cuadro eléctrico se conectará directamente a la barra equipotencial, también con cable de $\Phi 35$ mm.
- 2) El sistema de puesta a tierra de la caseta consiste asimismo en un anillo alrededor de dicha caseta. Este anillo se conecta a unos electrodos (mínimo 4 unidades), del mismo tipo que el citado anteriormente mediante la correspondiente soldadura cadweld. Se conectarán a estos electrodos todos los elementos metálicos exteriores de la Estación Base, tales como armadura de la losa, armazones metálicos, vigas, tuberías, soportes, etc. También se conectará el suelo de la caseta mediante adhesivo conductor, y que el material es vinilo conductor. Las conexiones a las picas deberán ser registrables.



Hay que reseñar que, en todos los casos, las soldaduras en los circuitos de tierra serán del tipo cadweld (tipos GY, PG o LM). Asimismo, y de forma general se cumplirán los siguientes aspectos:

- ❖ Los cables de tierra se trazarán con el menor recorrido y con el mínimo de curvas posible. En todo caso, el radio mínimo de curvatura será de 200mm.
- ❖ Se evitarán las conexiones directas de materiales diferentes para evitar pares galvánicos.
- ❖ Nunca existirán recorridos ascendentes.
- ❖ Las únicas conexiones que no se realizarán con soldadura cadweld serán las conexiones a la caseta y antenas, que se realizan por medio de terminal de presión.
- ❖ Si hubiera arquetas (registrables) serán de dimensiones mínimas 400x400x600mm.
- ❖ Se evitará la proximidad o cruce con conducciones eléctricas. Si no fuese posible evitarlo se debe utilizar un blindaje metálico no ferromagnético que se prolongue 1,00m. a cada lado del cruce.
- ❖ Se evitará el contorno de cornisas o elevaciones. En todo caso se admite remontar un máximo de 40cm. con una pendiente máxima de 45°.
- En las proximidades del suelo se protegerá contra choques mecánicos el cable de bajada hasta una altura mínima de 2,00m. con tubo de protección metálico no ferromagnético.

La unión del circuito de tierra de los equipos con el cable principal de tierra se realizará como mínimo a 3,00m de distancia del lugar al que se une el sistema de tierra de la caseta, preferiblemente después de todas las posibles dificultades de trazado, enfilando la vertical propiamente dicha. Por otra parte, se colocará una caja aislante y estanca donde se ubicará el puente de medida ya cercano a las picas. Antes de realizar la conexión deberán hacerse las comprobaciones necesarias, de forma que cumplan las especificaciones, reglamentación y normativa correspondientes.

La bajada principal del cable de tierra por el edificio se realizará desde la azotea o punto de instalación de la Estación Base y antenas hasta una caja de seccionamiento. En su recorrido deberá estar separada de la pared del edificio y debidamente grapada por medio de soportes aislados adecuados a una distancia máxima de 80cm.



Debe protegerse mediante tubo tipo PVC los tramos accesibles por personas. Si son tramos exteriores transitables este tubo de PVC se protegerá exteriormente con tubo metálico galvanizado hasta una altura de 3 metros.

2.6.8 Instalación de control de alarmas

Se instalará un panel de alarmas, en nuestro caso hemos elegido el modelo SA-PA-05, construido conforme al Código Técnico de la Edificación.

Se instalarán en la pared del contenedor en la situación que se indica en los planos.

Para el cableado de las alarmas se definen dos posibles configuraciones: alimentación interna y alimentación externa. En la *Tabla 6* siguiente se muestra la configuración con las posiciones cableadas.

Los paneles de detección de incendios deben incluir:

- ❖ Un indicador luminoso rojo tipo LED que se enciende cuando existe detección de fuego proveniente del detector óptico de humos o del detector termovelocímetro.
- ❖ Un indicador tipo LED naranja que se enciende cuando se dan mensajes de error dentro de un bucle.
- ❖ Un interruptor para poner el sistema de detección fuera de servicio. Esto debe señalizarse mediante un indicador LED amarillo y registrarse en el relé del circuito como fallo. Este interruptor tiene también como función el rearmado de los detectores después de una detección.
- ❖ Un botón de prueba para verificar el funcionamiento de los indicadores luminosos, parada de zumbador y bucle de detección.



El panel de alarmas general debe incluir:

Pulsador de prueba de lámpara que indique que funcionan correctamente todos los indicadores luminosos de panel.

- ❖ Un LED naranja que avise de carga insuficiente o de fallos del rectificador de baterías de 24Vcc.
- ❖ Un LED verde que se encienda en presencia de alimentación externa.

Panel de alarmas Posición Alarma	
1	Temperatura interior > 32°C
2	Fallo mayor Aire Acondicionado
3	Temperatura interior > 40°C
4	Temperatura interior <5°C
5	Fallo menor Aire Acondicionado
6	Fallo menor continua 1
7	Fallo mayor continua 1
8	Fallo alimentación alterna
9	Distribución continua 1
10	Fallo de transmisión
11	Batería desconectada
12	Control de balizas
13	Transmisión fallo menor
14	Intrusión
15	Fallo menor continua 2
16	Fallo mayor continua 2
17	Batería desconectada 2
18	Distribución continua 2
19	Fallo mayor aire acondicionado 2

Tabla 5: Panel de Alarmas

2.7 Cableado

Para realizar el estudio del cableado nos hemos basado sobre todo en equipos de la marca Ericsson, para conocer cómo van conectadas las diferentes unidades



2.7.1 Identificación de cableado

Como norma general, la identificación de todos los cables (alimentación, alarmas, fibras, transmisión, RF) se realizará en ambos extremos, incluyendo en cada identificación la información relativa al origen y el destino. Igualmente se identificará el cableado en el paso por el pasa muro, en el interior de la caseta. Se recomienda no utilizar banderolas en exterior, dado que se deterioran con el tiempo.

A continuación, se detalla para cada tipo de cable:

- ❖ Cableado de RF: cada cable de RF se identificará en ambos extremos con cintas de colores, con el código estándar que define la codificación base (sector/Tx/diversidad Rx) más tecnología. En cableado en el interior de casetas estándar, donde es sencillo seguir el cableado de RF hasta pasa muros, no será necesario identificar el cable antes de pasar por el pasa muros. En aquellos casos de recorridos de RF complicados, donde no sea sencillo seguir los cables porque pasen por varias salas o por conductos, se deberán identificar antes de pasa muros, deberá hacerse con cintas de colores según código estándar.
- ❖ Cableado de FO a RRU: el cable de alimentación deberá estar identificado en el extremo de la DC-Box y en la RRU con el código de colores que identifica cada sector y tecnología, como los cables de RF. No será necesario marcar los cables de alimentación con cinta roja ni blanca, sólo sector y tecnología. En interior (lado DC-Box) se podrá sustituir la identificación con cintas de colores por banderola indicando origen y destino.
- ❖ Cableado de alarmas: según norma general, con banderolas indicando origen y destino.
- ❖ Cableado de transmisión: según norma general, con banderolas indicando origen y destino.

Cualquier otro cableado no contemplado expresamente aquí, seguirá la norma general de identificación.

2.7.2 Cableado de alimentación

- ❖ MU: la alimentación de cada MU se realizará mediante cable estándar RPM777298/10000 (codificación de Ericsson) cable flexible apantallado, libre de halógenos, sección de 2x1.5mm², longitud hasta 10m en el interior de casta y desde interruptor unipolar. El conector de conexión a la MU viene crimpado de fábrica. Con la RBS6601v2, Ericsson deja de suministrar el cable de



alimentación, suministrando sólo el conector. El instalador debe proporcionar un cable de 2x2.5mm.de longitud adecuada (máximo 30metros) para alimentar el equipo.

- ❖ RRU: la alimentación de las RRU se realizará mediante cable estándar de 2x6mm² para distancias hasta 60m, para distancias de 60 a 100m será de 2x10mm² de intemperie desde los interruptores unipolares (conforme al REBT).

Cable alimentación:

Unidad	Potencia máxima (W)	Disyuntor mínimo (A)	Disyuntor recomendado (A)	Sección del cable* (mm ²)
MU	405	15	16	2x1,5 (hasta 10m)
RRUW	340	15	30	2x6(hasta 60m)
RRUS01	430	15	30	
RRUS11	510	16	30	2x10 (de 60 a 100m)
RRUS12	600	25	30	
DC-Box	--	100	100 o 2x63	2x35 (hasta 10m)

Tabla 6: Cable Alimenticio

La sección del cable de alimentación varía con la distancia, conforme al R.E.B.T.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrá de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3cm.

En instalaciones en las que el cableado discurra en vertical, irá convenientemente anclado mediante morsetos cada 1,5m (máximo cada 2m). No admitiendo instalaciones en la exterior sujeción con bridas de plástico.

Las conducciones de alimentación al interior de la caseta se realizarán preferentemente por el pasamuros de coaxiales de TX, utilizando los huecos más alejados a los ya utilizados.

El cable de tierra tendrá una sección de 35mm² para las RRU y de 16 mm² para las MU



2.7.3 Cableado de Fibra Óptica

El cable de fibra óptica es necesario para la conexión entre IRBS6601 y las RRU.

El cable de FO será mono modo, con conectores LC-PC. Ericsson dispone de cables de FO preconectorizados con las siguientes medidas fijas: 2, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 140, 200, 250, 300 y 500m. Se ajustará la longitud más adecuada, no admitiendo cocas innecesarias en zonas susceptibles de cortes/deteriores. El sobrante de la FO se dejará recogido en la parte más próxima posible a la RBS, en el interior de la caseta sobre el rejiband interior bien en la parte inferior del armario.

Cuando los cableados horizontales de FO en emplazamientos urbanos (azoteas, como es nuestro caso) se instalen en exterior en zonas transitables accesibles, irán bajo tubo SAPA/Aceroflex del diámetro adecuado en una longitud máxima de 10m por emplazamiento. El tubo irá sujeto con morsetos/grapas adecuados. En zonas no accesibles podrán ir sobre rejiband sujeto al mismo con morsetos cada 1,5m (máximo cada 2m).

En instalaciones en las que el cableado vaya en vertical, irá convenientemente anclado mediante morsetos cada metro. No irá bajo tubo SAPA/Aceroflex en emplazamientos rurales.

Las conducciones de fibra en entornos urbanos, siempre que sea posible, se instalarán por los huecos ubicados en la caseta para tal efecto.

2.7.4 Cableado de alarmas externas

Ericsson siempre instalará el cableado desde su equipo hasta el panel de alarmas, con una coca de hasta 10m. Solamente se conectará al panel de alarmas en caso de que la MU sea la responsable de transmitir las alarmas externas del emplazamiento, en caso contrario se dejará preparado para una conexión futura, convenientemente probado.

- ❖ Los criterios de transmisión de alarmas quedan establecidos en la Nota Técnica N-0-0224“Definición de alarmas externas en emplazamientos remotos” (esta Nota Técnica es la llevada a cabo por la compañía Vodafone).



2.7.5 Cableado de alarmas externas

Ericsson siempre instalará el cableado desde su equipo hasta el panel de alarmas, con una coca de hasta 10m. Solamente se conectará al panel de alarmas en caso de que la MU sea la responsable de transmitir las alarmas externas del emplazamiento, en caso contrario se dejará preparado para una conexión futura, convenientemente probado.

Los criterios de transmisión de alarmas quedan establecidos en la Nota Técnica N-0-0224“Definición de alarmas externas en emplazamientos remotos” (esta Nota Técnica es la llevada a cabo por la compañía Vodafone).

2.7.6 Cableado de transmisión

Todas las RBS6601, estarán equipadas como máximo con 4tributarios, que se cablearán y conectorizarán a 75Ohmios.

Existen tres tipos de conexiones de Tx posibles:

- ❖ E1.
- ❖ STM-1transmisión por FO.
- ❖ Ethernet

Durante su tendido, este cable no coincidirá con el recorrido de los cables de alimentación de alterna. El cableado PCM recorrerá, siempre que sea posible, el tramo más largo entre la RBS y el DDF (Digital Distribution Frames). Se deben instalar/cablear todas las tramas PCM (Pulse Code Modulation) según configuración con sus conectores Siemens/BNC correspondientes. La conexión de la línea de 2Mbit/s entre la MU y el DDF se hará mediante un cable Flex 5 (75 Ohmios), que será instalado y conectorizado por Ericsson con conectores Siemens/BNC, con una longitud adecuada a las características del emplazamiento. El cable deberá estar etiquetado en el extremo de la RBS y en el DDF.

2.7.7 Cableado de RF

Como norma general las RRU se instalarán lo más próximo a las antenas de radio y aprovechando los elementos estructurales existentes en los emplazamientos.



Si excepcionalmente no se instalan las RRU cercanas a las antenas, las longitudes/secciones/etiquetado de cables de RF se ajustarán a lo establecido como estándar. Se puede ver cómo sería en la *Tabla 6*.

Cuando el cable instalado sea de 7/8" o de 1+5/8" se adaptarán los últimos metros con cable súper flexible.

La rotulación del cable de RF seguirá lo indicado en la Nota Técnica AC0-NT-048-00 "Rotulación de cables coaxiales de RF para GSM/DCS/UMTS" (esta Nota Técnica es la llevada a cabo por la compañía Vodafone).

Tipo de cable	Longitud máxima	Tipo de cable	Radio de curvatura
1/2"	≤10m	0-5 m súper flexible	Mínimo 125mm
5-10m semirrígido			
7/8"	≤ 35m para f ≤ 2.100MHz	Semirrígido	Mínimo 250mm
≤ 25m para 2.600 MHz			
1+5/8"	>35m para f ≤ 2.100MHz >25m para 2.600MHz	Semirrígido	Mínimo 510mm

Tabla 7: Cableado de RF si RRU lejanas a las antenas



OMNI	
TX/RXA	ROJO/BLANCO
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO
SECTOR 1	
TX/RXA	ROJO/BLANCO/VERDE
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO/ VERDE
SECTOR 2	
TX/RXA	ROJO/BLANCO/NARANJA
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO/ NARANJA
SECTOR 3	
TX/RXA	ROJO/BLANCO/AZUL
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO/ AZUL

Tabla 8: Codificación base para cables coaxiales

Se irán añadiendo a la codificación base los colores distintivos de cada tecnología:

- ❖ LTE2600: cinta color marrón.
- ❖ LTE800: 2cintas color marrón.
- ❖ LTE1800: 3cintas color marrón.
- ❖ LTE2100: 4 cintas color marrón.

Para estaciones con más de 3sectores, se etiquetarán así:

- ❖ 4º sector, con dos cintas verdes.
- ❖ 5º sector, con 2cintas naranjas.
- ❖ 6º sector, con 2cintas azules.
- ❖ 7º sector, con 3cintas verdes, y así sucesivamente.



En el supuesto de instalar una segunda RRU para un mismo sector y tecnología, se identificarán todos sus cables añadiendo una segunda cinta de color rojo, a continuación de la primera.

La sujeción del cable a la escalerilla de la torre en su bajada, así como cualquier trazado vertical u horizontal, se realizará mediante grapas con morsetos separadas entre sí una distancia de 1 metro.

En el caso de instalaciones en torre, las grapas deberán ser preferentemente de 3 cables para reducir la superficie expuesta al viento.

La conexión del cable de antena con el latiguillo de antena se protegerá y sellará mediante cinta vulcanizada, que recubrirá totalmente ambos conectores, desplazándose el encintado sobre el cable una distancia mínima de 4cm en ambos extremos. La cinta vulcanizada se aplicará en tres capas siendo la primera de abajo hacia arriba con un solape entre vueltas que asegure la estanqueidad del sellado. A fin de aumentar la protección de la conexión frente a radiaciones ultravioleta se aplicará sobre la cinta vulcanizada cinta aislante adhesiva aplicada en dos capas siendo la primera de ellas de arriba hacia abajo y con el solape suficiente entre vueltas.

En el caso de tiradas de cable de RF de más de 10m y con el fin de proteger tanto el cable como los equipos contra descargas eléctricas, generalmente producidas por rayos, el cable de RF debe ser derivado a masa mediante kits de tierra.

El kit de tierra se conectará a la línea de tierra de la torre o caseta, la cual estará a su vez conectada a la tierra.

El kit de tierra se conectará a la línea de tierra de la torre o caseta, la cual estará a su vez conectada a la tierra general del emplazamiento (la impedancia máxima admisible es de 10 Ω). Las características eléctricas y mecánicas de dicha línea de toma de tierra deberán cumplir los requisitos exigidos para una correcta instalación.

El número y la ubicación de los kits de tierra a instalar dependerán del tipo de emplazamiento, aunque el criterio general es “mínimo 2kits en cada cable principal de antena”.



2.8 Antenas

Debemos elegir las antenas a instalar dependiendo, claro está, de las tecnologías que deseemos implementar. Tendremos que tener en cuenta la ganancia que necesitaremos (emplazamiento micro o macro) y las características que hemos prediseñado para nuestras celdas.

Existen dos características importantes que definen el tipo de antena a instalar, esas características son las siguientes:

- ❖ **Tecnología que implementan:** se trata de la tecnología que soporta la antena en cuestión, según esto las podemos dividir en tres grandes grupos que son monobandas, duales y tribanda.
- ❖ **Tamaño de la antena:** se trata de la longitud que tiene la antena, cuanto mayor tamaño tiene mayor ganancia. Hay que tener en cuenta que a menor frecuencia la antena es mayor por lo que las antenas de GSM 900 serán mayores que las de UMTS. Además de esto hay que tener en cuenta que el ancho de la antena será mayor a medida que soporte más tecnologías.

Antena que se está utilizando actualmente:

- ❖ **Tribanda:** estas antenas permiten el paso de tres rangos de frecuencias correspondientes a las tres tecnologías **UMTS, GSM, LTE** mediante salidas separadas.

Por último, indicar que las antenas elegidas para la realización de este proyecto serán antenas tribanda ya que permite el paso de **UMTS 2100, LTE 800 y LTE 1800**. Un posible modelo se muestra en la *Figura 12*.

**Outdoor Directional Tri-band Antenna**

ODV-065R18EKK-G

XXXPol, 790-960/1710-2170/1710-2170MHz,
65°, 17.5/17.5/17.7dBi**Comba****Technical Specifications**

Electrical							
Frequency Range	MHz	790-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1920-2170	
Polarization	deg	± 45		Quad ± 45			
Gain	Top	dBi	16.8	17.5	17.2	17.4	17.5
	Bottom				17.4	17.6	17.7
Horizontal Beamwidth	deg	68	65	65	64	63	
Vertical Beamwidth	deg	8	7.5	6.8	6.2	5.8	
Electrical Downtilt Range	deg	0-10		0-10 / 0-10			
First Upper Sidelobe Suppression	dB	≥18(0°), ≥16(5°), ≥16(10°)		≥18(0°), ≥17(5°), ≥16(10°)			
Front-To-Back Ratio	dB	> 25(total power)					
Cross-polar Discrimination @ 0°	dB	≥ 18					
Cross-polar Discrimination @ ±60°	dB	≥ 10					
VSWR		≤ 1.5:1					
Isolation Between Ports / Bands	dB	> 28 / > 33					
3rd Order Intermodulation @ 2x43 dBm	dBc	< -150					
Maximum Power per Port	W	500		300			
Impedance	Ω	50					
Lightning Protection		Direct Ground					

Mechanical		
Dimensions, HxWxD	mm (in)	2730x265x145 (107.5x10.4x5.7)
Weight, without Mounting Kit	kg (lb)	34.0 (75.0)
Weight, with Mounting Kit	kg (lb)	42.5 (93.7)
Radome Material and Color		Fiberglass, Light Grey
Mounting Kit		00-Z111(00)
Connector Type and Location		6x7/16 DIN-Female, Bottom
Operational Temperature	°C	-50 to +70
Operational Humidity	%	≤ 95
Operational Wind Speed	km/h (mph)	150 (93.2)
Shipping Dimensions, HxWxD	mm (in)	3045x375x275 (120.0x14.8x10.8)
Shipping Weight	kg (lb)	48.5 (106.9)

Figura 12: Especificaciones técnicas de la Antena

2.9 Núcleo de red (EPC)

El núcleo de redes conocido como red troncal (EPC) en el SAE (Arquitectura LTE), el mismo que consta de varios elementos como se observan en la Figura 13

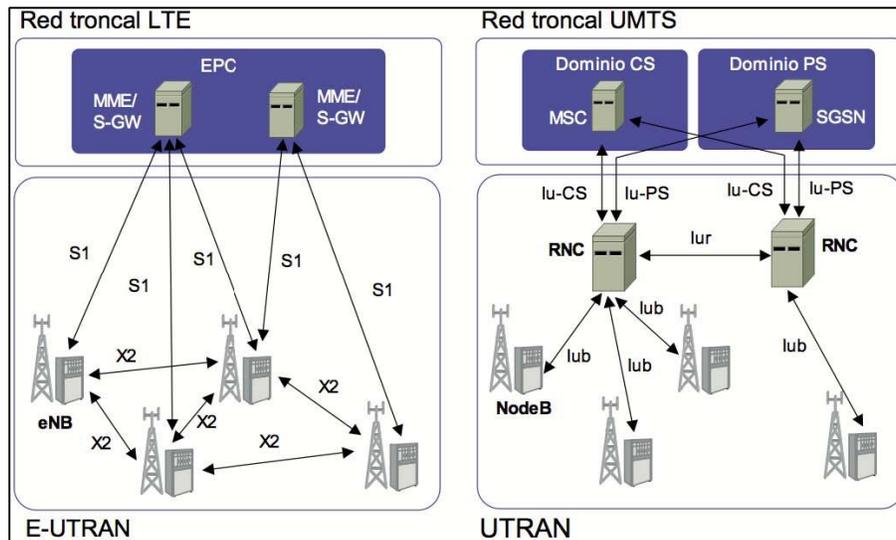


Figura 13: Elementos que constituyen la Red Troncal (EPC)

En la Tabla 9, se detallan las funciones que cumple cada elemento que interviene en una red LTE.

Elementos de La Red Troncal	Función
MME	Dentro de sus funciones principales esta: autenticar, autorizar y seleccionar el PDN Correcto para crear el enlace entre el E-UTRAN y redes externas.
P-GW	Asigna una dirección IP al equipo de usuario, Realiza la facturación basada en el flujo que este genera. Encargado de la aplicación de QoS-Calidad deservicio.
S-GW	La función que cumple este elemento es la de transferir paquetes IP, almacenar información de movilidad local cuando un equipo de usuario ha pasado por varias estaciones base.
PCRF	Crea reglas que permiten dar autorización QoS así como controlar funciones de facturación.
HSS	Aloja datos acerca de suscripción e información Dinámica como la identificación de IMME, base de datos principal del sistema.

Tabla 9: Descripción elementos núcleo de red

2.9.1 Red de acceso (E-UTRAN)

Red de Acceso Inalámbrico compuesta por una red de estación base (*e NodeB*) conectadas entre sí por medio de interfaces X2, cada estación base se encuentra conectada a red troncal utilizando la interfaz S1 y a IMME (Gestión de movilidad) por medio de la interfaz S1-MME.

Los protocolos AS son el resultado de interconectar las estaciones base con el equipo de usuario, en la Figura 12, Figura 13 se observa los diferentes elementos que intervienen dentro de la red de Acceso Inalámbrico.

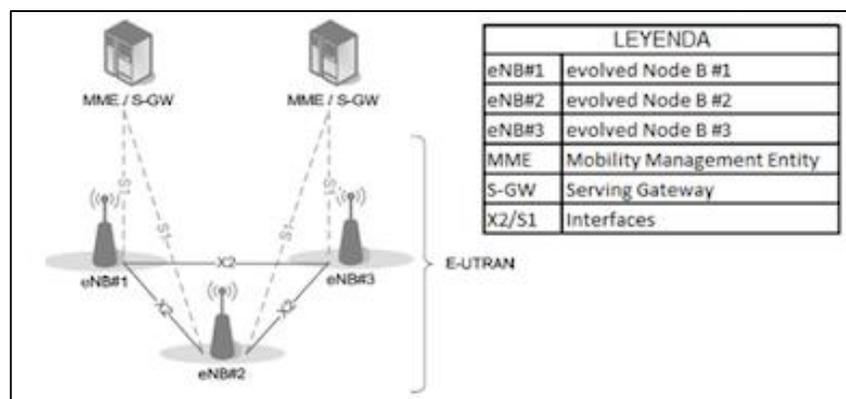


Figura 14: Red de Acceso Inalámbrico

Dentro de las funciones principales de la red de acceso inalámbrico se tiene:

- Gestión de recursos de radio.
- Compresión de cabecera, interfaz de radio eficiente para manejar paquetes IP pequeños.
- Seguridad en la encriptación.
- Conectividad con la red troncal.

2.10 Bandas de frecuencias disponibles para LTE

LTE ofrece varias alternativas que dentro del diseño permite elegir una frecuencia de operación como se observa en la Tabla 9, tanto para *Downlink* (enlace de bajada) como para *Uplink* (enlace de subida) y el modo de duplexaje.



Bandas de frecuencia disponibles para LTE

Banda de operación estación base	Enlace de bajada - Downlink (MHz)	Enlace de subida- Uplink(MHz)	Espectro Flexibilidad
1	1920-1980	2100-2170	F
2	1850-1910	1930-1900	F
3	1710-1785	1805-1880	F
4	1710-1755	2110-2155	F
5	824-849	869-894	F
6	830-840	875-885	F
7	2500-2570	2620-2690	F
8	880-915	925-960	F
9	1749,9-1784,9	1844,9-1879,9	F
1	1710-1770	2110-2170	F
1	1427,9-1452,9	1475,9-1500,9	F
1	698-716	728-746	F
1	777-787	746-756	F
1	788-798	758-768	F
1	No	No	F
1	No	No	F
1	704-716	734-746	F
1	815-830	860-875	F
1	830-845	875-890	F
3	1900-1920	1900-1920	T
3	2010-2025	2010-2026	T
3	1850-1910	1850-1911	T
3	1920-1990	1920-1991	T
3	1910-1930	1910-1931	T
3	2570-2620	2570-2621	T
3	1880-1920	1880-1921	T
4	2300-2400	2300-2401	T

Tabla 10: Bandas de frecuencia disponibles para LTE

2.10.1 Arquitectura de protocolos LTE

En la arquitectura de LTE se puede observar como los datos provienen en forma de paquetes IP de capas superiores hacia el PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*), el que se encarga de realizarlos siguientes procesos: compresión de cabecera y cifrado del paquete.

Los PDU's originados por el sistema son pasados al RLC donde tienen un procesamiento posterior:

- ❖ El RLC reúne todos los PDU's en RLC SDU's para segmentarlos junto añadiendo una cabecera.
- ❖ Luego los RLC PDU's son enviados hacia la capa MAC donde reúne a los MAC SDU's para convertirlos en MAC PDU's.
- ❖ Estos PDU's son trasladados a la capa física, donde se codifica y decodifica los datos que estos contienen, se organizan los PDU's enviados por la capa MA en bloques de transporte.
- ❖ La capa física coloca un CRC encada bloque de transporte por donde transitan los PDU's, en la Figura 15 se observa la arquitectura de protocolos LTE.

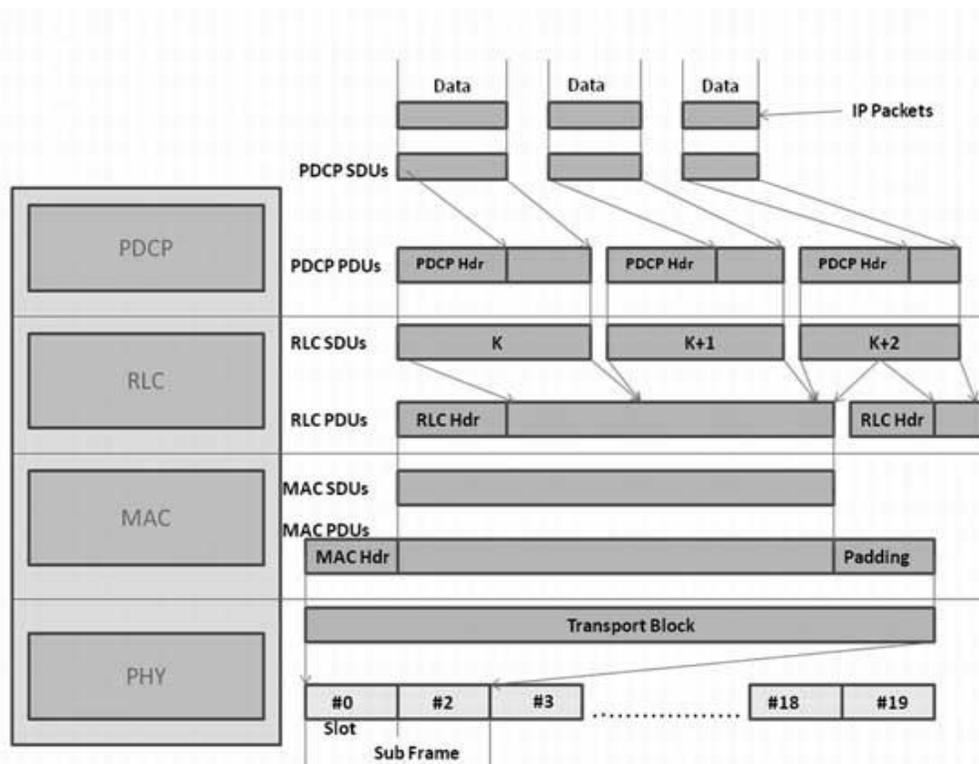


Figura 15: Protocolos LTE-Arquitectura



2.10.2 Interfaz aire -capa física LTE

La capa física ofrece el servicio de transporte a la subcapa MAC mediante canales de transporte, sus principales características son:

- ❖ Detección de errores en el canal de transporte.
- ❖ Codificación/decodificación FEC en el canal de transporte.
- ❖ Ajuste de la tasa de canal de transporte codificado al canal físico.
- ❖ Correspondencia entre el canal de transporte y el canal físico.
- ❖ Control de la potencia de los canales físicos.
- ❖ Modulación y de modulación de los canales físicos.
- ❖ Sincronización de tiempo y de frecuencia.
- ❖ Medición es radio e indicación a capas superiores.
- ❖ Procesado de antenas en MIMO.
- ❖ Diversidad de TX.
- ❖ Formación de haces de antena.

LTE utilizados modos de duplexación que son: TDD y FDD, en el primero las señales son transmitidas y recibidas son enviadas a la misma frecuencia, pero en diferentes instantes de tiempo y en el segundo los enlaces de la transmisión es *Uplink* (enlace de subida) y *Downlink* (enlace de bajada) para un terminal utilizan bandas de frecuencia diferentes separadas entre sí.

2.10.3 Estructura de trama genérica

LTE tiene una trama genérica con una duración de 10 milisegundos, la cual está subdividida en 10 sub tramas de 1 milisegundo, donde cada sub trama se encuentra dividida en 2 ranuras de 0,5 milisegundos generando así entre 6 o 7 símbolos OFDM.

En la Figura 16 se observa la trama genérica para Downlink (enlace de bajada) y *Uplink* (enlace de subida), se determina que cada ranura utiliza 7 y 6 símbolos OFDM con CP (Cyclic prefixes) normal y CP extendido respectivamente

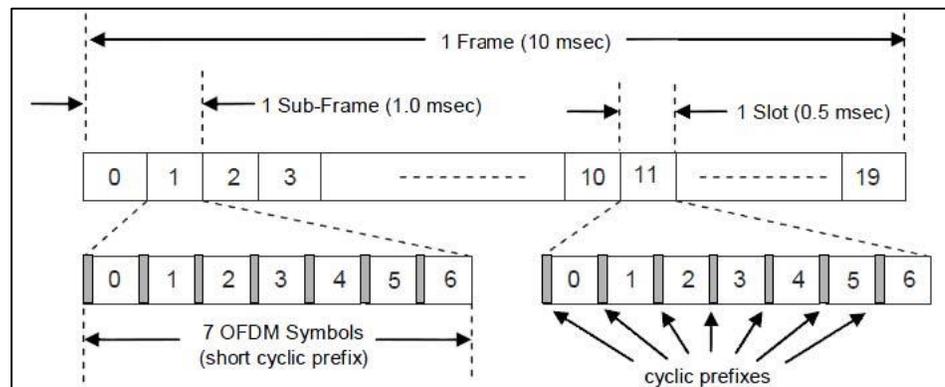


Figura 16: Estructura de la trama genérica para Downlink y Uplink LTE

Las señales de sincronización se encuentran ubicadas en las sub tramas 1 y 6 para el enlace de bajada, utilizando FDD todas las sub tramas se utilizan para el enlace de subida y bajada, en cambio con TDD para transmisiones el enlace de bajada se utiliza las sub tramas 1 y 6 que dando disponibles el resto tanto para el enlace de bajada y subida.

❖ Capa física LTE-Downlink

Es la capa en cargada de realizar la transmisión a través del canal radio, en el enlace descendente el esquema de transmisión es OFDMA.

❖ Modulación LTE

OFDM es el esquema de transmisión utilizado para LTE trabajando este con un prefijo cíclico CP, con 15KHz de espaciamento base entre sub portadoras, así como con 66, 67 us de duración por símbolo.

El enlace de bajada utiliza 7,5 KHz de espaciamento con 133us de duración en el caso de MBSFN, las señales de *broadcast* y dedicadas comparten una sola frecuencia.

Existen 2 tipos de prefijo cíclico los mismos que son usados dependiendo del retardo de dispersión que resulte del radio de la celda.

Para áreas urbanas se ocupa CP normal trabajando con frecuencias altas y para áreas rurales CP extendido con frecuencias bajas.



En la Tabla 11 se puede observar varios parámetros de transmisión con distintas configuraciones de ancho de banda con las que trabaja LTE.

Parámetros	Datos				
Ancho de Banda de transmisión (MHz)	1,25	2,5	5	10	15
Duración sub trama (ms)	0.5				
Espaciamiento Sub portadora (KHz)	15				
Frecuencia muestreo (MHz)	1,92	3,84	7,68	15,36	23,04
Tamaño FFT	128	256	512	1024	1536
CP normal/CP extendido (OFDM# símbolos por slot)	7/6				
CP normal longitud (us/muestra)	$(4,69/9) \times 6$	$(4,69/18) \times 6$	$(4,69/36) \times 6$	$(4,69/72) \times 6$	$(4,69/108) \times 6$
CP extendida longitud (us/muestra)	$(5,21/10) \times 1$	$(5,21/20) \times 1$	$(5,21/40) \times 1$	$(5,21/80) \times 1$	$(5,21/120) \times 1$

Tabla 11: Enlace de bajada (Downlink)- parámetros de modulación

2.10.4 Canales físicos (*Downlink*)

La función que estos canales desempeñan son la de transmitir información de capas superiores los mismos que son mapeados por los canales de transporte.

En la Tabla 12, se describe la función que cumplen los canales soportados por LTE.



Canales físicos	Función
PBCH	Traslada la información de paging y de señalización de control, utiliza modulación QPSK.
PBFICH	Contiene el número de símbolos OFDM usados por PDCCH.
PDCCH	Utilizado para trasladar información de señalización y control al equipo de usuario.
PHICH	Lleva respuestas ACK/NAK de ARQ híbrido, Utiliza modulación QPSK.
PDSCH	Trabaja con modulaciones QPSK, 16-QAM, 64-QAM además es utilizado para transportar datos y servicios multimedia.
PMCH	Trabaja con modulaciones QPSK, 16-QAM, 64-QAM también se encarga de trasladar datos de multicast.

Tabla 12: Enlace de bajada (Downlink)-Canales físicos

2.10.5 Canal es transporte (*Downlink*)

Existen canales intermediarios para transmitir información entre la capa MAC y física, llamados canales de transporte. En la Tabla 13, se da a conocer en detalle cada uno de estos canales.

Canales	Función
BCH	Transmitir parámetros del sistema.
DL-SCH	Trasladar información de usuario que permita establecer una conexión punto a punto.
PCH	Permite mover el equipo de usuario del estado RRC_IDLE al RRC_CONNECTED.
MCH	Transferir datos de multicast al equipo de usuario.

Tabla 13: Enlace de bajada (Downlink)-Canales de transporte



2.10.6 Procesamiento de la capa física

El procesamiento se da entre la MAC y la capa física mediante datos en bloques de transporte que recibe ésta última. La Tabla 14 de talla todos los pasos del proceso.

Pasos	Función
Inserción de CRC	Un CRC es calculado e insertado al inicio de cada bloque. El CRC permite por el lado del receptor la detección de errores residuales en el bloque decodificado.
Codificación de canal	Usa un turbo código basado en QPP.
Procesamiento ARQ híbrido	Su tarea es extraer de los bloques el número exacto de bits a ser transmitidos dentro de un TTI dado.
Scrambling	El scrambling de data codificada asegura que la decodificación por el lado del receptor pueda utilizar la ganancia de procesamiento dado por el código de canal.
Modulación	El Downlink soporta modulaciones QPSK, 16-QAM, 64-QAM.
Mapeo de antenas	Procesa de forma conjunta la modulación de símbolos correspondientes a dos bloques de transporte y mapea el resultado a diferentes antenas.
Mapeo de bloques de recurso	Mapea los símbolos a ser transmitidos en cada Antena a elementos de recursos del conjunto de bloques asignados al planificador MAC para la transmisión de los bloques de transporte.

Tabla 14: Procesamiento de la capa física Downlink

2.10.7 Capa física LTE-*Uplink* (enlace de subida)

Es la capa en cargada de realizar la transmisión a través del canal radio. En el enlace ascendente la capa física se basa en un esquema *Single Carrier FDMA*.

- ❖ **Parámetros de modulación del enlace de subida:** trabaja con un esquema muy similar al del enlace de bajada, cambiando únicamente la duración del CP.



Parámetros	Valores
Espaciamiento sub portadora en KHz	15
Duración sub trama en ms)	0,5
CP normal/CP extendido (SC-FDMA Símbolos por slot)	0:5,2
Duración CP normal en us	1-6:4,7
Duración de CP extendido en us	0-5:16,67
Mínimo número de PRB's	6
Máximo número de PRB's	100

Tabla 15: Enlace de subida (Uplink)-Parámetros modulación

❖ **Recursos físicos del enlace de subida**

Están con formados de igual manera que para el *Downlink* (enlace de bajada) con la diferencia que este puede soportar un espaciamento de 7,5 KHz para el enlace de subida.

- ❖ **Canal es físico del enlace de subida:** Dentro de la Tabla 16 se detallan los canales soportados por el enlace de subida, así como sus funciones principales.

Canales Uplink	Función
PRACH	Traslada información acerca de las longitudes del Cyclic Prefix, preámbulos son generados por secuencias de Zadoff-Chu para reducir el PAPR y BER.
PUSCH	Trabaja con modulaciones QPSK, 16-QAM, 64 QAM y traslada datos del usuario para transmisión.
PUCCH	Se encarga de realizar reportes CQI petición de programación, llevar respuestas HARQ ACK/NACK además traslada información de control del enlace de subida. Trabaja con modulaciones QPSK y BPSK.

Tabla 16: Enlace de subida (Uplink)- Canales físicos



- ❖ **Canales de transporte del enlace de subida:** En la Tabla 17 se detalla las funciones de cada uno de los canales soportados en el enlace de subida.

Canales	Función
RACH	Utilizado para requerimientos de acceso aleatorio y transmitir información de control mínima.
UL-SCH	Utilizado para transmitir datos del enlace de Subida, trabaja con varios canales lógicos.

Tabla 17: Enlace de subida (Uplink)- Canales de transporte

- ❖ **Procesamiento de la capa física del enlace de subida**

El proceso en el enlace de subida es similar al del enlace de bajada, diferenciándose únicamente por no establecerla transmisión de diversidad y multiplexación espacial, por lo cual no existe funciones de mapeo en las antenas, en la Tabla 18 se describen los pasos del proceso a realizar.

Pasos del proceso	Funciones
Inserción de CRC	El CRC es calculado e insertado al final de cada bloque de transporte.
Codificación de canal	Trabaja con turbo código basado en QPP similar al del enlace de bajada.
Procesamiento ARQ Híbrido	Similar al del enlace de bajada diferenciándose en Los protocolos utilizados.
Scrambling	Similar al enlace de bajada, cada equipo de usuario trabaja con una única secuencia de scrambling.
Modulación	Soporta modulaciones QPSK, 16-QAM,64-QAM Al igual que el enlace de bajada.

Tabla 18: Enlace de subida (Uplink)-Procesamiento de la capa física



2.10.8 Técnicas de Multi-Antenas (MIMO Múltiple entrada-múltiple salida)-LTE

MIMO (Múltiple entrada –múltiple salida) técnica que es utilizada para incrementar los valores de velocidad del enlace, así como expandir la cobertura para tecnologías de cuarta generación.

LTE soporta configuraciones de antena 2x2 o 4x4, así como *beamforming*.

Mimo en el enlace de bajada: Para el enlace de bajada comúnmente se trabaja con configuraciones de antena 2x2 y 4x4, lo cual soporta diferentes modos de transmisión sea con una o varias antenas, multiplexación espacial sea enlace abierto o cerrado, MU-MIMO y *beamforming*.

MIMO en el enlace de subida: En el enlace de subida se utiliza MU-MIMO, permitiendo así conservar la baja complejidad en el diseño determina los móviles. Además, otra característica especial de utilizar antenas MIMO es que permite a usuarios con distintos terminales con una sola antena de transmisión, usa del mismo canal.

2.11 Capa 2 (MAC-Control Acceso al medio)

La capa 2 de LTE la componen: MAC, RLC y PDCP, estas cumplen varias funciones como las que a continuación se mencionan:

- ❖ Mapeo de canales lógicos sobre canales físicos.
- ❖ Segmentación y montaje de RLC PDU.
- ❖ Aseguramiento y entrega de datos ARQ/HARQ.
- ❖ Selección del formato de transporte.

Además, la capa MAC cumple un papel especial y a que tiene funciones importantes a realizar como:

- ❖ Enviar y recibir PDU's sea desde o hacia la capa física por medio de los canales de transporte.
- ❖ Realizar transmisiones y retransmisiones HARQ.
- ❖ Multiplexación y de multiplexación de canales lógicos y *scheduling* tanto del enlace de bajada como del enlace de subida.

La capa MAC se encuentra conectada con el RLC, la misma se encarga de la corrección de errores a través de ARQ y la segmentación, a su vez la subcapa RLC está conectada con la PDPC que se encarga de la compresión de cabecera usando el protocolo RoHC así como todo lo referente a la seguridad como detección de duplicidad y cifrado. En la Figura 17 se observa la como está organizada de la capa2 de LTE.

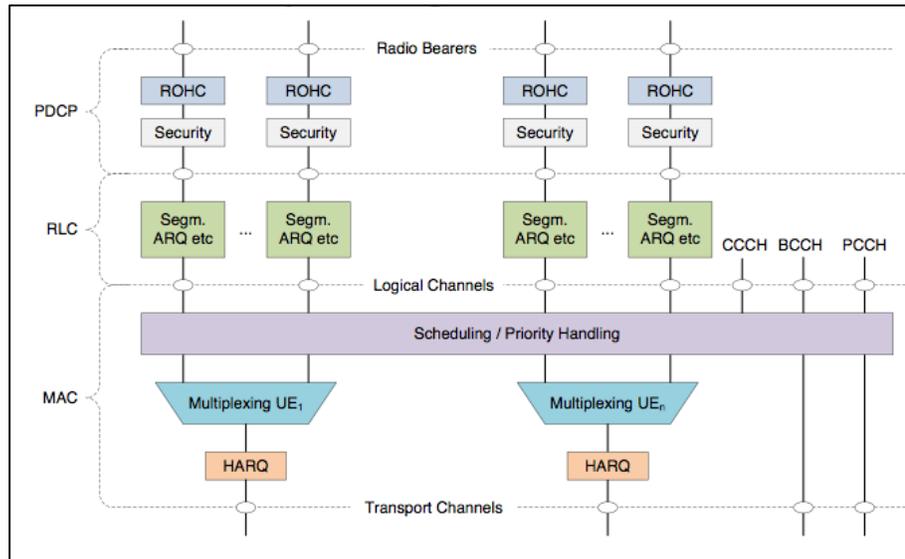


Figura 17: LTE-Organización capa2

2.11.1 Canales Lógicos del enlace de subida

Los canales lógicos cumplen una función importante como la transferir datos de la capa MAC hacia o desde la capa RLC, los canales y sus diferentes funciones se detallan a continuación en la Tabla 19 y Tabla 20.



Canales lógicos	Funciones
PCCH	Transmitir información de control acerca del paging cuando la ubicación de celda es desconocida para la red.
BCCH	Transmitir información de control del sistema a terminales móviles a través de una celda.
CCCH	Transmisión regular de control de información entre los equipos de usuario y la estación base.
DCCH	Transmitir información de control dedicada hacia o desde un equipo de usuario específico, utilizado cuando se tiene una conexión RRC para el plano de control con la estación base. Trabaja con un canal bi-direccional con un enlace punto a punto.
MCCH	Canal utilizado exclusivamente por los equipos de usuario que reciben MBMS. Trabaja con un canal punto a multipunto para el enlace de bajada).

Tabla 19: Canales lógicos de control del enlace de subida

Canales lógicos	Funciones
MTCH	Transmitir datos acerca del tráfico de red hacia al equipo de usuario, utilizado exclusivamente por los equipos de usuario que reciben MBMs. Trabaja con un enlace punto a multipunto para el enlace de bajada.
DTCH	Transferir información generada por el equipo de usuario, puede existir tanto para el enlace de subida como para el de bajada.

Tabla 20: Canales lógicos de tráfico



2.11.2 Flujo de datos en la capa MAC

El trabajo que realiza la capa MAC con el flujo de datos es el siguiente: recibe datos en forma de SDU's de la capa RLC, luego los SDU's son combinados junto con la cabecera MAC y los elementos de control así formando PDU's.

Se encuentra que la cabecera MAC está dividida en subcabeceras, estas contienen un identificador lógico de canal llamado LCID, el cuál determina qué tipo de elementos de control van a ser utilizados dentro del campo descarga útil o tipo de canal.

❖ Capa RRC

Protocolo de señalización el cuál soporta varias funciones entre la estación y el terminal móvil, dentro de las funciones más importantes se tiene:

- Gestionar varios parámetros relacionados con la calidad del enlace.
- Gestión, establecimiento, mantenimiento y liberación de conexión RRC en el plano de control.
- Establecimiento, configuración y liberación de portadoras en recursos de radio.
- Transmisión de información del sistema.
- *Paging*.
- Transferencia de contexto del usuario entre la estación base para el *handover*.

❖ Estados RRC (Plano de control)

El plano de control permite gestionar las conexiones entre el terminal móvil y la red de acceso inalámbrico, teniendo así dos estados que son: RRC_IDLE y RRC_CONNECTED.

- **RRC_IDLE:**
Estado desconectado, no hay conexión entre el terminal y la estación base, el equipo de usuario es desconocido por la red estación base.
- **RRC_CONNECTED**
Estado conectado, existe una conexión activa entre el terminal y la estación base, se puede intercambiar información de usuario, así como mensajes de señalización acerca de los canales lógicos.

2.12 Planificación de usuarios (*Scheduling*)

El *scheduling* consiste en asignar recursos de transmisión a diferentes usuarios, para ello se debe determinar en cada momento, cuáles de las sub-portadoras se asignan a cada uno de los diferentes usuarios. En la Figura 2.13 se aprecia claramente este proceso. Por un lado, existen datos asociados a cuatro usuarios diferentes, cada uno representado mediante un color, y por el otro el conjunto de recursos que se puede contemplar como una rejilla en los ejes de frecuencia y tiempo, de modo que en frecuencia existe un conjunto de sub-portadoras separadas Δf , cada una de las cuales se puede asignar durante un período temporal T a cada usuario.

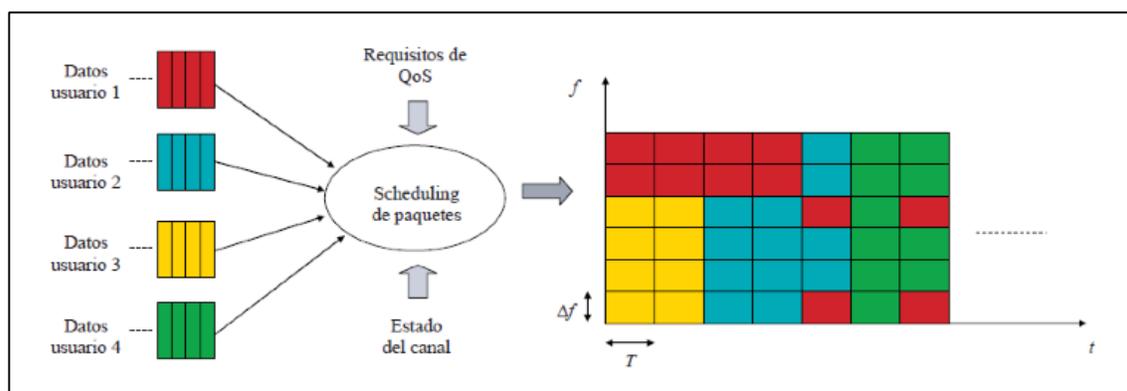


Figura 18: Scheduling de paquetes en OFDMA

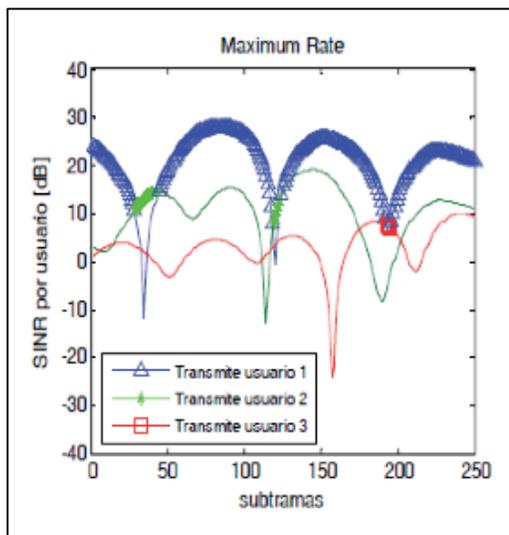
Para asignar los recursos de transmisión se emplea diferentes técnicas como:

- 1. Roundrobin: Esta estrategia asigna recursos a los usuarios sin tener en cuenta las condiciones del canal. Se considera una estrategia justa en el sentido de que todos los usuarios tienen la misma cantidad de recursos asignados, pero no es muy eficiente porque al no tomar en cuenta las condiciones del canal, empeora el rendimiento global del sistema.
- 2. Bestcqi: En esta estrategia el *scheduler* asigna recursos radio a los usuarios que presenten las mejores condiciones del canal. Con esta estrategia se consigue maximizar la capacidad de la celda, pero es una estrategia no muy recomendable y a que los recursos solo estarán disponibles para los usuarios con las mejores condiciones del canal y aquellos que se encuentran en los bordes de las celdas.
- 3. Proportinal-fair: Esta estrategia sí toma en cuenta la condición es del canal y su objetivo es conseguir un equilibrio entre ser una estrategia fiable y optimizar el *throughput* de cada usuario. Para ello, el *scheduler* asigna recursos a un usuario que obtenga mayor relación entre el *throughput obtenido* en un momento determinado y el *throughput* medio obtenido en una ocasión anterior.

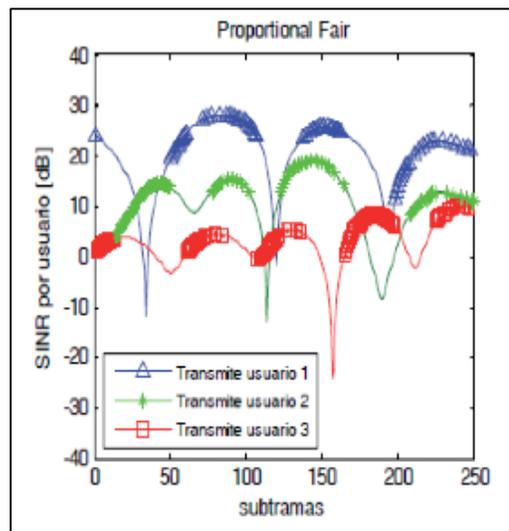


A continuación, en la Figura 2.14 se puede analizar el comportamiento de cada una de las técnicas de planificación de usuarios, *schedulers*

(a) *Maximum Rate*



(b) *Proportional Fair*



(c) *Round Robin*

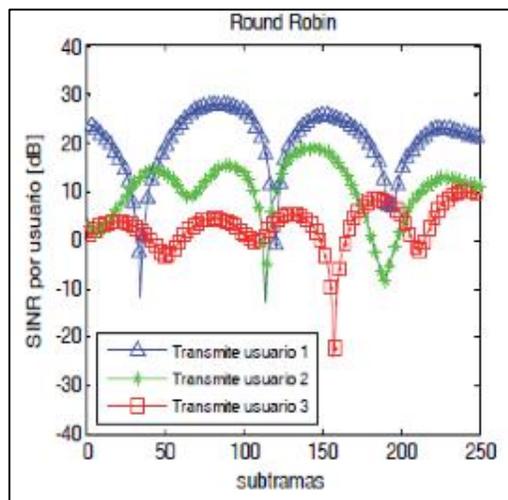


Figura 19: Técnicas de Scheduling

2.12.1 Topología de la red

Una característica de LTE es que los nodos permiten conectarse directamente formando una topología semi-mallada como se observa en la Figura 20, esto permite transferencia de información de control y tráfico.

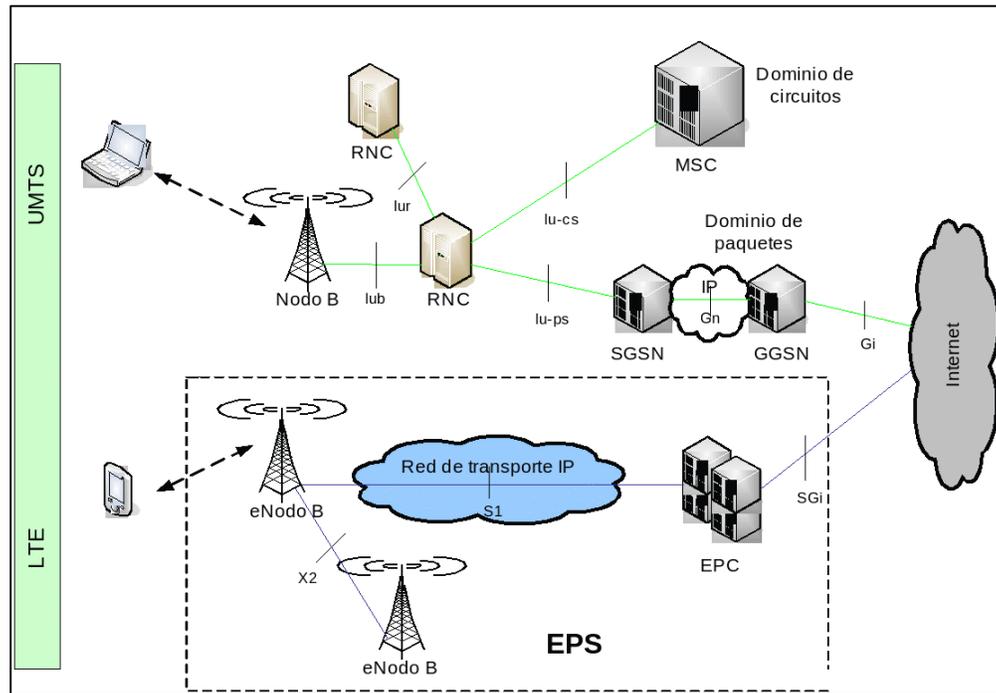


Figura 20: Topología LTE y UMTS

Comparando la arquitectura UTRAN con E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico), se observa en la Figura 20 que la red de acceso inalámbrico (E-UTRAN) está compuesta por una arquitectura más simple eliminando niveles de jerarquización con respecto a UTRAN.

En LTE las estaciones base son las encargadas de ejecutar los diversos protocolos radio de comunicación, reduciendo la utilización de equipos adicionales como el caso de las estaciones UTRAN.

2.12.2 Modulación y Codificación

Dentro de LTE las técnicas a utilizar tanto para modulación y Codificación del canal permite valorar la velocidad con que trabaja LTE, sin embargo, este utiliza AMC (Modulación y Codificación Adaptativa), técnica que consiste en valorar las condiciones del canal de radio, por lo cual se usan distintos esquemas de modulación y de codificación de canal y de modulación.

El proceso para seleccionar la modulación óptima y el esquema de codificación se lleva a cabo en coordinación con el de *fast scheduling*, los esquemas de modulación a utilizarse son: QPSK, 16QAM y 64QAM, en la Figura 4.11 se observa el diagrama de constelación tanto de 16 como 64 QAM.

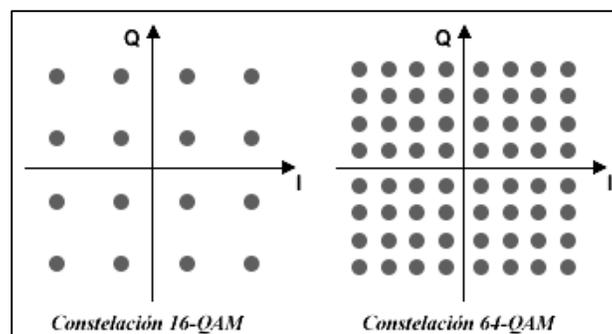


Figura 21: Diagrama de constelación 16 y 64 QAM

LTE implementa un mecanismo de adaptación dinámica del enlace basado en control de la tasa binaria (*rate control*), que consiste en ir variando la tasa binaria asignada a un usuario activo en función de la calidad de canal, el usuario percibe una tasa binaria alta si la calidad del canal es buena, y baja si la calidad de canal es mala. Esta estrategia intenta extraer el máximo rendimiento del canal, mediante la selección de modulación que permita enviar el mayor número de bits por símbolo ante unas condiciones de SINR (Relación señal a interferencia) dada.

Por lo cual para SINR (Relación señal a interferencia) baja, se emplea mecanismos de modulación y codificación más robustos como QPSK, asumiendo el riesgo de tener baja eficiencia espectral y por lo tanto reducir la tasa binaria. Para SINR (Relación señal a interferencia) alta, se emplea modulaciones 16 QAM y 64QAM.

En la Figura 22 se presenta un esquema de modulación para distintos valores de SINR (Relación señal a la interferencia).

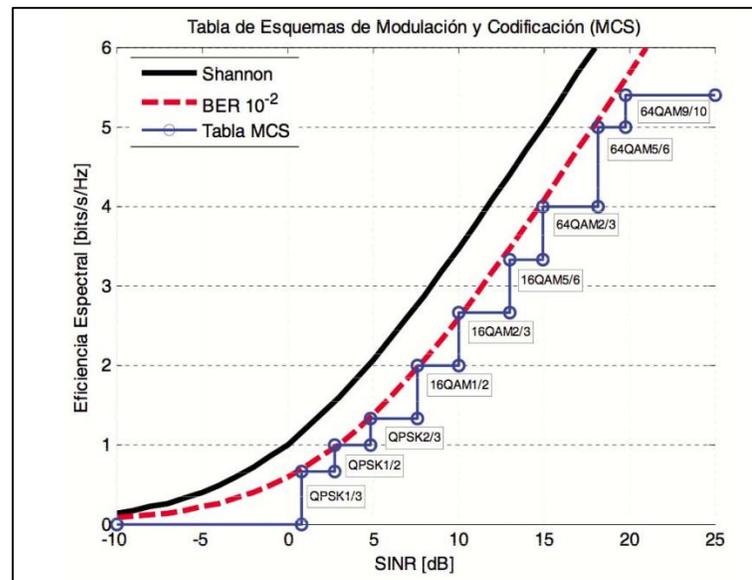


Figura 22: Modulación y codificación SINR (Relación señal a interferencia)

La codificación de canal en LTE se denomina HARQ (Fast HybridARQ, Fast Hybrid Automatic Repeat Request) que es una combinación de FEC+ARQ, con la cual, si una trama no puede ser corregida en su camino hacia el receptor, se solicita una retransmisión. Para este caso las tramas dañadas que han podido ser corregidas mediante el FEC no se descartan, sino que se guardan para combinarse con otras tramas sucesivas dañadas y producir una correcta, por lo cual la probabilidad de que tengan los mismos bits erróneos es muy baja y la probabilidad de reconstruir un paquete sin errores de los dos anteriores es muy alta.

Los mecanismos de corrección de errores se implementan en el Node B (Estación Base E-UTRAN).

2.12.3 Elementos de una red LTE

Una red LTE consta de dos elementos que son:

- ❖ EPC –Núcleo de la red.
- ❖ E-UTRAN –Red de acceso inalámbrico.

Lo que simplifica considerablemente el diseño de red, en la Figura 23 se observan los elementos básicos que intervienen en una red LTE.

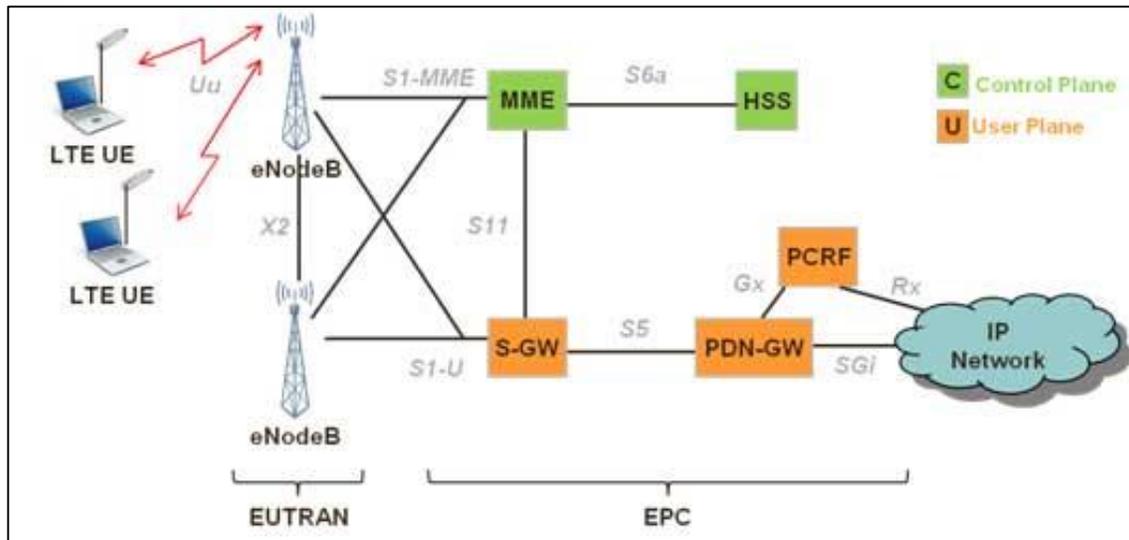


Figura 23: Elementos de red LTE

Se observa que la arquitectura de E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico) es sencilla, la estación base se conecta a la red troncal por medio de las interfaces S1, X2.

Las estaciones base (E-UTRAN) brindan un acceso directo desde equipo de usuario hacia la red troncal y viceversa. La red de acceso inalámbrico (E-UTRAN) consta de dos capas que son: RNL (Radio Network Layer) y TNL (Transport Network Layer).

LTE tiene varias interfaces para interconectar sus elementos, las interfaces que permiten la interacción entre EPC (Red Troncal) y E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico) son:

- ❖ **Uu:** Interfaz entre el UE (equipo de usuario) y el eNB (Estación Base E-UTRAN), representa la interfaz aire. Para Downlink (enlace de bajada) se utiliza modulación OFDMA y para Uplink (enlace de subida): SC-FDMA.
- ❖ **S1-U:** Interfaz entre el eNB (Estación Base E-UTRAN) y el S-GW (Almacena información de movilidad local) se utiliza para enviar datos de las aplicaciones utilizadas, además usa UDP (Protocolo no orientado a la conexión) para transporte y como aplicación el protocolo GTP-U (Porta datos de usuario en paquetes IPv4, IPv6).



- ❖ **S1-MME:** Interfaz entre el eNB (Estación Base E-UTRAN) y el MME (Gestión de movilidad) utilizada para señalización en el envío de paquetes entre eNB (Estación Base E-UTRAN) y MME Gestión de movilidad), además usa SCTP (protocolo de comunicación de capa de transporte) como transporte y S1-AP como protocolo de aplicación.
- ❖ **S11:** Interfaz entre el MME (Gestión de movilidad) y S-GW (Almacena información de movilidad local) para la gestión de *users*, por ejemplo, para unirse a la red o para procesar las solicitudes de los diferentes servicios prestados.
- ❖ **X2:** Entre eNodeB, basada en el mismo protocolo que S1-U y generalmente se usa para *handover*.
- ❖ **S6:** Entre el MME (Gestión de movilidad) y HSS (Almacena y administra todo lo relativo a datos de suscripción de los usuarios) utilizado para el proceso de autenticación, autorización y *accounting*. Para transporte se usa SCTP (protocolo de comunicación de capa de transporte) y como aplicación Diameter.
- ❖ **S5:** Se usa para el envío de datos entre el S-GW (Almacena información de movilidad local) y PDN-GW (Gateway accede al Internet o a otras redes de datos externas), además para transporte se usa UDP (Protocolo no orientado a la conexión) y como aplicación GTP-U (Porta datos de usuario en paquetes IPv4, IPv6).
- ❖ **SGi:** Interfaz entre PDN-GW (Gateway accede al Internet o a otras redes de datos externas) y el PDN (Redes lógicas para conexión), basada en la interface Gide2G/3G.

Las diferentes interfaces tienen sus propias características y cada una de ellas cumple una función importante en el correcto funcionamiento de la red, sin embargo, es necesario parar el EPC (Red Troncal) y E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico) para analizarlos por separado.

2.12.4 Propagación por cable

El primer tramo de transmisión que recorre la señal es a través de una línea de transmisión: cable coaxial, fibra óptica o guía de ondas, los mismos que producen propagación por cable, en este tramo las pérdidas vienen dadas por el fabricante del cable empleado en dB/m. Por lo tanto, para conocer qué valor total de pérdidas debidas a la propagación por cable posee el enlace, bastará con conocer la cantidad de metros de cable para posteriormente multiplicar por las pérdidas indicadas por el fabricante.

Además de las pérdidas generadas por el propio cable, se incluyen también las generadas por elementos como combinadores o derivadores que posea el sistema. Al igual que para el cable, estas



pérdidas también vienen dadas por el fabricante del elemento en cuestión por lo que simplemente se aplicará el factor de atenuación correspondiente.

Estas pérdidas ocasionadas en la transmisión pueden generarse tanto en el tramo entre el emisor y la antena transmisora, como en el tramo entre la antena receptora y el propio receptor. No obstante, para el caso concreto de este proyecto, únicamente existirán estas pérdidas en uno de los dos extremos, dependiendo de si se trata del enlace ascendente o del enlace descendente, ya que para el terminal móvil se considera que este no presenta pérdidas.

2.12.5 Propagación por aire

En la propagación de información en forma inalámbrica es donde se generan los mayores valores de pérdidas dentro de un sistema de comunicaciones móviles. Por ello es el factor que requiere de un mayor estudio para la creación de un sistema.

Calcular las pérdidas generadas por la propagación inalámbrica de una señal implica realizar un estudio de todos los elementos existentes entre el emisor y receptor para calcular todos los caminos que la señal puede tomar (refracción, reflexión y difracción), qué atenuación y fase lleva cada camino, entre otros parámetros.

2.12.6 Alternativas de solución LTE

A continuación, se analiza los principales proveedores de equipos del EPC (Red Troncal) de LTE, los componentes del EPC (Red Troncal) se pueden apreciar en la Figura 23 y consta básicamente del S-GW (Almacena información de movilidad local), P-GW y el MME (Gestión de movilidad).

La tendencia que se marca en la implementación de redes LTE indica que para los S-GW (Almacena información de movilidad local) y P-GW (Asigna una dirección IP al equipo de usuario) se utiliza routers de borde y para MME (Gestión de movilidad) plataformas ATCA (*Advanced Telecommunications Computing Architecture*). En la Tabla 21 se presentan varias alternativas de solución LTE que brindan empresas dedicadas a desarrollar proyecto de telefonía móvil.



	Datos y Características	
	Empresas	Solución
Huawei	La consultoría LTE de Huawei ayuda a operadores a afrontar sus retos LTE proporcionando consultoría de negocios (servicio, estrategia, redes y operaciones), soluciones específicas y propuestas prácticas para la implementación, produciendo un grado superior de éxito en el ámbito de la MBB.	La solución LTE de Huawei profesional está especialmente diseñada para la industria vertical que incluye: gobierno, transporte, sectores de redes inteligentes, energía, y WISP, incluyendo alto rendimiento móvil amplio para soportar múltiples servicios en una red, despliegue de red flexible, alta seguridad y fiabilidad.
Ericsson	Ericsson utiliza innovación para potenciar a las personas, empresas y la sociedad. Sus redes móviles y fijas, brindan soluciones multimedia y servicios de telecomunicaciones que hacen una diferencia real en la vida de la gente y el mundo en que vivimos.	Ericsson ofrece la radio LTE totalmente integrada y transmisión IP como parte del multi estándar RBS 6000. Proporciona despliegue simplificado y mecanismos unificados para correlacionar ambos dominios de radio y de transporte. Ericsson proporciona una solución que combina: IPRAN, EPC y backhaul móvil, proporcionando capacidad y la flexibilidad para hacer frente a los desafíos de la evolución de la red, lo que permite la mejor experiencia de usuario.
Alcatel - Lucent	Sus últimos éxitos estratégicos abarcan proyectos de transformación de red, convergencia, IMS, triple play, IPTV, aplicaciones multimedia fijas y móviles o comunicaciones corporativas.	Su solución LTE combina una tecnología innovadora light Radio y productos que, con ayuda de su experiencia global, conocimientos y servicios. Pueden llegar a comercializar cuanto antes, así ganar más clientes y generar más ingresos nuevos que sus competidores.
NSN (NOKIA SIEMENS NETWORKS)	Proveedor de LTE que proporciona a aproximadamente a la mitad del servicio de comunicaciones, han lanzado comercialmente LTE incluyendo avanzados mercados de banda ancha móvil, como el norte de Europa, Corea del Sur y Japón.	NSN utiliza Flexi Network Server la cual engloba funciones del MME (Gestión de movilidad) y Flexi Network Gateway, hace esto posible utilizando plataformas ATCA.

Tabla 21: Datos y características de proveedores de equipos EPC (Red Troncal) LTE



A continuación, en la Tabla 22 se detallan algunas soluciones propuestas por varias empresas encargadas de desarrollar proyectos de telecomunicaciones.

Empresa	Solución	Características
Alcatel-Lucent	ATCA-5780DSC	ATCA 5780DSC brinda una sencilla solución soportando varias funciones dentro de una red LTE, además es compatible con los estándares de ATCAPICMG 3.0 y 3.1, puede trabajar con procesadores SMP de 64 bits y provee funciones del PCRF (Controla funciones de facturación basadas en el flujo de información) y MME (Gestión de movilidad), lo cual lo hace ser un equipo con excelentes características para implementar en el EPC (Red Troncal).
Ericsson	RBS6102 OUT DOOR MACRO BASE STATION	Diseñado para trabajar al aire libre al tener un gabinete hermético. Aire acondicionado automático mantiene la temperatura del gabinete dentro de los límites especificados, Tamaños de canal flexibles de 5a20 MHz Soporte para antenas MIMO2x2 Canales de recepción. Bandas de frecuencia para Transmisión: Band 14 (758-768MHz) Band20(791-821MHz) Bandas de frecuencia para Recepción: Band14(788-798MHz) Band20(832-862MHz)
HUAWEI	DBS3900	La BBU3900 tipifica el diseño compacto, la sencilla instalación y el bajo consumo de energía. Además, puede residir en el espacio libre de un sitio existente. La RRU3606 presenta un diseño compacto y poco peso. Puede ser instalado cerca de la antena para disminuir la pérdida del alimentador y mejorarla cobertura del sistema. El DBS 3900 tiene solamente dos tipos de módulos funcionales básicos, así grandemente reduciendo la inversión en recambios y mantenimiento. Con la adaptabilidad excelente del ambiente, los módulos básicos se pueden adaptar fácilmente a las condiciones del sitio para alcanzar el despliegue eficiente, evitando un cuarto del equipo. Es decir, no hay coste de construcción adicional al sitio del equipo.

Tabla 22: Propuestas de Empresas de Telecomunicaciones



2.13 Red de Acceso LTE (E-UTRAN)

En nuestro país la situación del espectro es complicada ya que existen varias operadoras y emisoras que actualmente ocupan bandas de frecuencia para poner en marchas redes LTE, por lo cual sería necesario acudir a la SUPERTEL para ver si se puede desplegar LTE en la banda de 700MHz o 2,6GHz.

Movilidad usuarios

La red E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico) permite tener movilidad a través de la red celular, debe ser optimizado para:

- ❖ Baja velocidad móvil desde 0-15Km/h
- ❖ Mayor velocidad móvil entre 15 y 120Km/h, alto rendimiento por parte de la red.

La movilidad a través de la red celular se mantiene a una velocidad de 120 a 350 Km/h llegando en algunos casos hasta 500Km/h, dependiendo únicamente de la banda de frecuencia utilizada.

Para la parametrización de E-UTRAN (Red de Acceso Inalámbrico), la capa física debe ser capaz de mantener la conexión con una velocidad de hasta 350Km/h, llegando hasta 500Km/h, como se mencionó anteriormente todo esto se puede lograr dependiendo únicamente de la banda de frecuencia utilizada, sin embargo, se necesita utilizar técnicas y mecanismos para optimizar el retardo y la pérdida de paquetes durante el traspaso de una célula a otra.

Latencia

La latencia es la diferencia de tiempo de respuesta que tiene el usuario sea al enviar un paquete de datos, cargar una página web, este parámetro es a veces más importante que la velocidad de bits ofrecido.

La latencia es medida por el tiempo que toma para que un pequeño paquete IP pueda viajar desde el terminal a través de la red hacia el servidor de internet y viceversa (tiempo de ida y vuelta).

En la Figura24: se observa el recorrido en el cual debe ser medido la latencia de una red LTE.

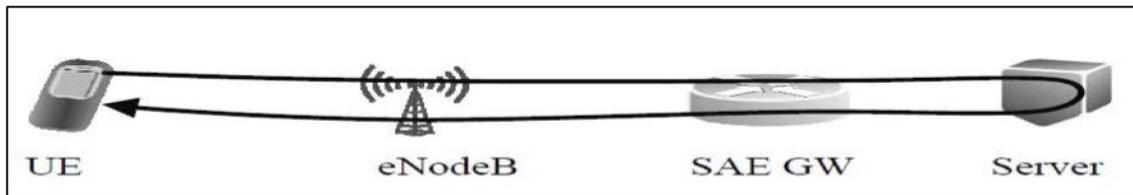


Figura 24: Latencia LTE

Técnicas MIMO

Una de las características muy importantes de LTE es el uso de antenas MIMO (Múltiple entrada-múltiple salida), las mismas que permiten contar con múltiples antenas tanto en el transmisor como en el receptor, lo cual ayuda para mejorar la calidad de comunicación, tener alto rendimiento en la transmisión de la señal y una alta eficiencia espectral; todo esto hace que las antenas MIMO (Múltiple entrada- múltiple salida) entren a formar una parte importante en un sistema LTE.

Además, una característica importante de utilizar MIMO (Múltiple entrada- múltiple salida) es que utiliza de forma simultánea diversidad y multiplexaje como, por ejemplo:

SU-MIMO (Single User – MIMO)

Como se observa en la Figura 25 en SU-MIMO la diversidad temporal trabaja enviando en diferentes instantes de tiempo el mismo símbolo, mientras que en la diversidad espacial el transmisor enviará el mismo símbolo a través de diferentes caminos de propagación independientes, es por ello que existen varias antenas en el transmisor y el receptor.

Disponer de varias antenas se realiza únicamente con la finalidad de obtener varias copias de la información enviada, a fin de eliminar el desvanecimiento producido por el canal, incrementar las altas tasas de transmisión sin tener que ampliar el ancho de banda ni aumentar la potencia.

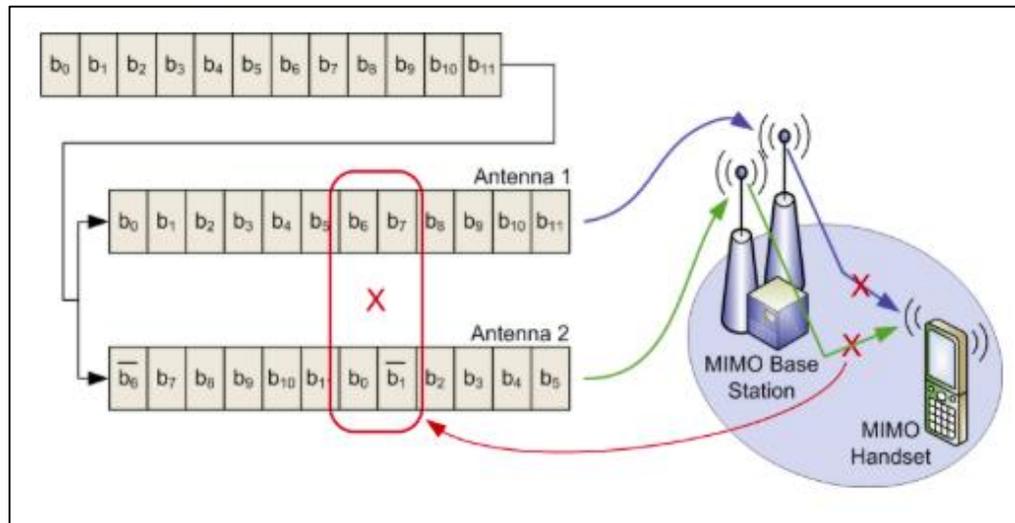


Figura 25: SU-MIMO

En la Figura 25 se observa un sistema MIMO (Múltiple entrada- múltiple salida) 2x1, la información se envía por dos antenas simultáneamente, codificadas de manera distinta y dirigidas al mismo usuario, esto le da el nombre de SU-MIMO y se emplea únicamente para el *downlink* (enlace de bajada).

MU-MIMO (Multi User – MIMO)

En este tipo de MIMO (Múltiple entrada-múltiple salida), la multiplexación espacial consiste en enviar símbolos distintos por antenas distintas con un mismo canal de frecuencia, lo cual mejora el rendimiento del sistema (*throughput*), MU- MIMO se utiliza para *uplink* (enlace de subida) y *downlink* (enlace de bajada).

MU-MIMO en *downlink* (enlace de bajada): la información enviada se reparte entre varios usuarios, además es posible enviar simultáneamente datos distintos por antenas distintas a varios usuarios.

MU-MIMO en *uplink* (enlace de subida): en este caso existe una sola antena de transmisión para soportar a varios UE (equipo de usuario) transmitiendo diferente información al mismo tiempo.

En la Figura 26 se observa cómo trabaja MU-MIMO en *downlink* (enlace de bajada).

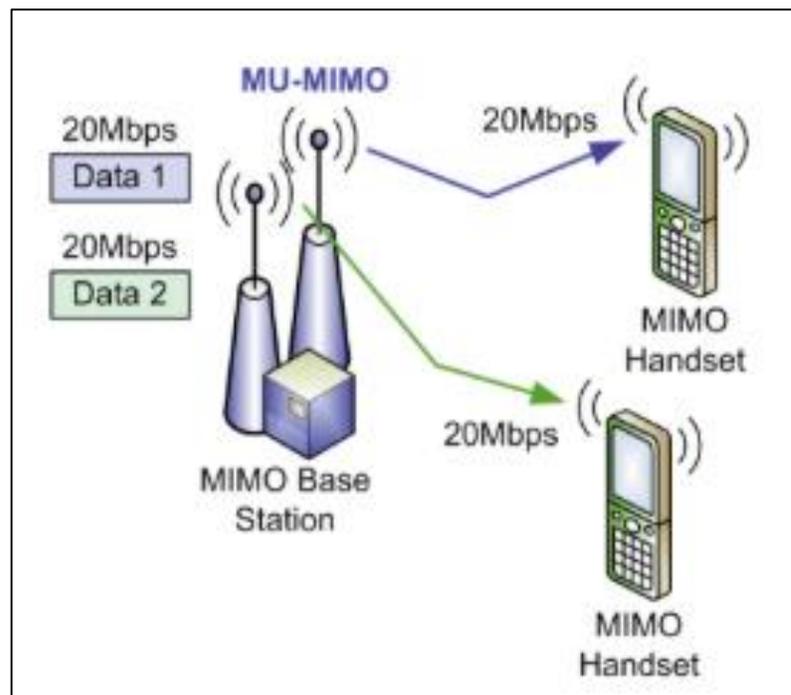


Figura 26: MU-MIMO en el downlink (enlace de bajada)

2.13.1 Tipos de terminales LTE (UE-Equipo de usuario)

Antes de analizar los tipos de terminales móviles que se pueden utilizar en una red LTE, es necesario conocer que es un equipo de usuario (UE).

El equipo de usuario es el terminal que permite acceder a servicios de telecomunicaciones que brinda la red, esto se da a través de la interfaz radio, en LTE la arquitectura de un equipo de usuario es la misma que en los sistemas GSM y UMTS.

El UE (equipo de usuario) contiene dos elementos básicos que son:

Módulo de suscripción del usuario (**SIM/USIM**)

Equipo móvil (**Mobile Equipment, ME**)

Sin embargo, las funciones del equipo móvil se agrupan en dos entidades funcionales, que son:

Terminación móvil (*Mobile Terminal*, MT)

Equipo terminal (*Terminal Equipment*, TE)

En la Figura 27 se observa detalladamente como está compuesto un UE (equipo de usuario) con los parámetros anteriormente expuestos.

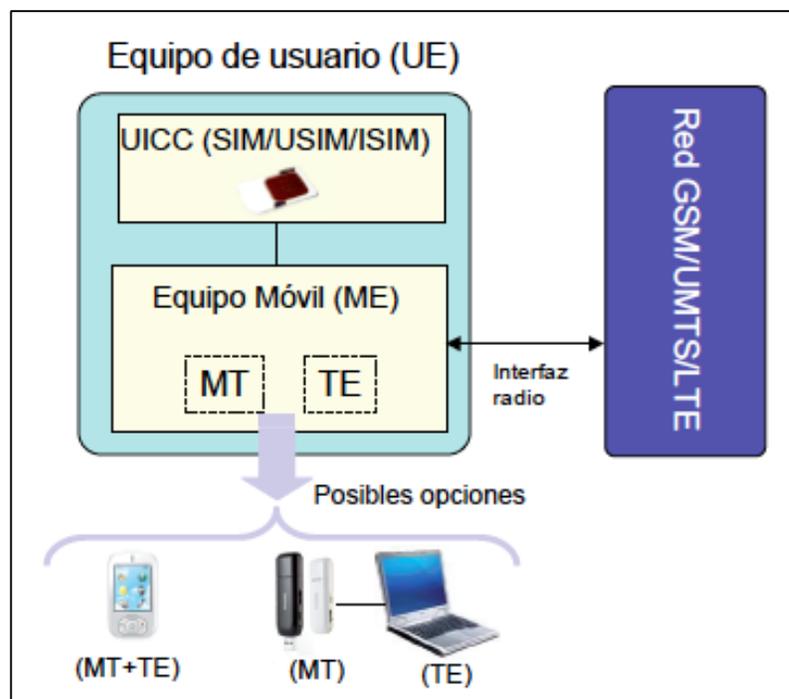


Figura 27: Equipo de Usuario

El SIM/USIM hace uso de una tarjeta inteligente llamada (UICC), la cual contiene una aplicación para gestionar los datos de suscripción del usuario a las redes 3GPP, una diferencia muy clara con respecto a las redes GSM, las cuales utilizan una aplicación denominada SIM (*Subscriber Identity Module*) y la aplicación que utiliza UMTS se conoce como UMTS-SIM (USIM).

Otra clara diferencia de UICC frente a SIM y USIM, es que esta tarjeta puede contener una aplicación denominada ISIM (*IP Multimedia Services Identity Module*) para almacenar los datos necesarios para la operación de los servicios IMS (Subsistema multimedia IP).

La separación que tiene el usuario entre USIM y ME, facilita al mismo poder cambiar de terminal manteniendo su identidad, en la Tabla 23 se detalla la categoría de terminales que tiene LTE:



Categoría	Uplink				Downlink	
	Número máximo de bits recibidos por TTI	Número máximo de bits transportados por un DL-SCH en un TTI	Máximo número de antenas transmisoras en el caso de multiplexado espacial	Velocidad de pico (Mb/s)	Número máximo de bits recibidos por TTI	Velocidad de pico (Mb/s)
1	10 296	10296	1	≈10	516 0	≈5
2	51 024	51024	2	≈51	254 56	≈25
3	10 204	75376	2	≈10 2	510 24	≈51
4	15 075	75376	2	≈15 0	510 24	≈51
5	29 955	14977 6	4	≈30 0	753 76	≈75

Tabla 23: Parámetros de la capa física del terminal

2.13.2 Topología de la Red Troncal (EPC)

En nuestro país aún existen tecnologías de tercera generación en funcionamiento, por lo cual para las operadoras no es una prioridad migrar hacia LTE, sino más bien tener una evolución suave hacia LTE. Las operadoras para su migración hacia LTE buscarán añadir una red por separado ya que el costo de servicio de 4G es más elevado en comparación con los servicios que brinda 3G, de esta forma no afecta las redes de datos actuales, los usuarios no se ven afectados y se pueden beneficiar de la nueva red LTE. Existen varias alternativas para que las redes actuales pueden trabajar simultáneamente con LTE como mantener todas las redes se paradas y dejar al usuario para que el decida qué red utilizar.

En la Figura 28 se observa una estructura de red donde interactúan dos tipos de redes con diferente tecnología

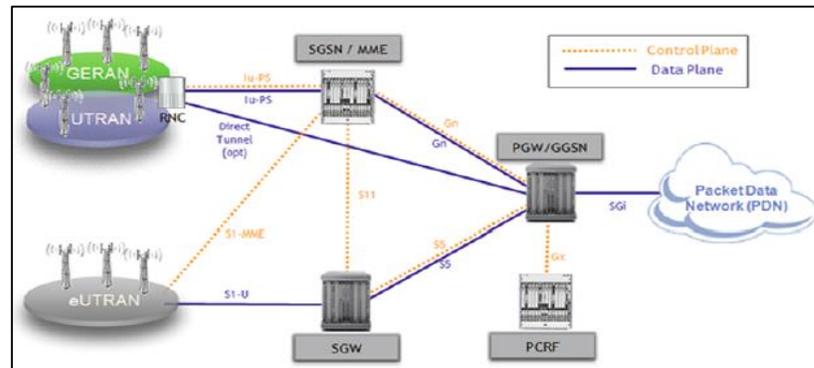


Figura 28: Arquitectura de la red troncal LTE

2.13.3 Requerimientos para la Red LTE

A continuación, se detallan los requerimientos que debe cumplir la red LTE como son:

- ❖ Velocidad para transmisión de datos: 100Mbps (enlace de descarga) y 50Mbps (Enlace de subida)
- ❖ Frecuencia de operación del sistema: Banda de 700MHz.
- ❖ Ancho de banda: 30MHz.
- ❖ Sistema que soporte modulación adaptativa: QPSK, 16 y 64QAM.
- ❖ Compatibilidad con terminales móviles que trabajan con dos antenas en recepción y una para transmisión.
- ❖ Eficiencia espectral de 5 y 2,5bps/Hz para el enlace de bajada y subida respectivamente.
- ❖ Latencia en el plano de usuario menor a 5ms y en el plano de control menos de 100ms.
- ❖ Interconexión de la nueva red con las redes existentes, posibilidad de handover Para terminales móviles multimodo.
- ❖ Desempeño del sistema en entorno urbano.
- ❖ Escalabilidad de la red.

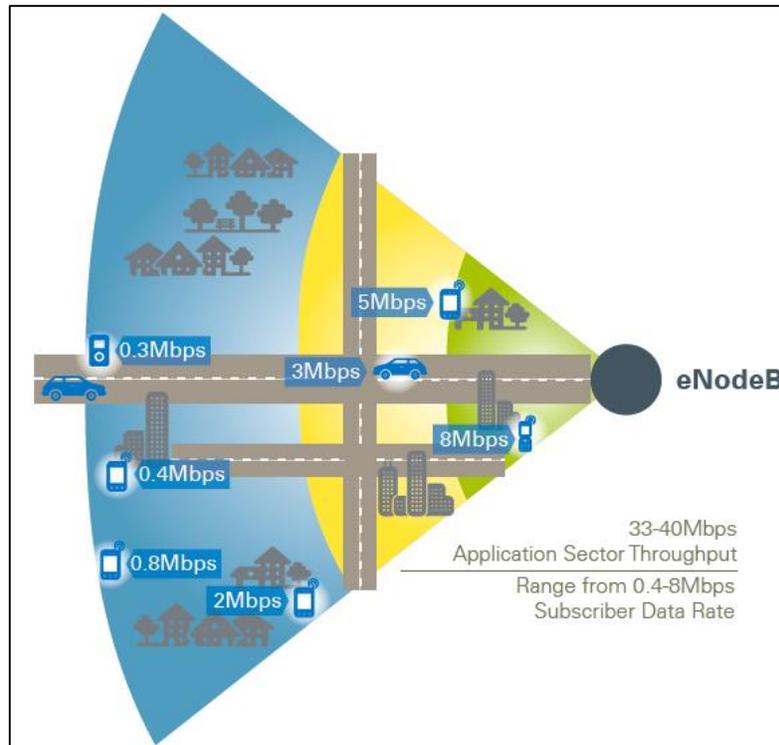


Figura 29: Capacidad total estación base.

Ventajas

- ❖ Permite proporcionar una conexión de banda ancha móvil con altas velocidades de transmisión para el enlace de bajada y subida, se puede obtener Velocidades pico de 100 y 50Mbps respectivamente.
- ❖ Posibilidad de utilizar servicio 4G en lugares en lugares donde antes no existía cobertura.
- ❖ Compatibilidad para trabajar en conjunto con otros sistemas de telefonía móvil.
- ❖ Capacidad del sistema para efectuar video conferencias sin retardo en la conexión, así como transferir imágenes y vídeos en alta resolución.
- ❖ LTE utiliza frecuencias bajas lo que hace posible un mejor uso del espectro radio eléctrico y mayor cobertura.



Desventajas

- ❖ Alto costo del servicio 4G.
- ❖ El servicio 4G se puede utilizar únicamente en módems USB, más no directamente en teléfonos celulares.
- ❖ Retardo en la migración de las redes actuales hacia 4G.
- ❖ Precio elevado de equipos móviles de última generación compatibles con tecnología 4G.
- ❖ La utilización de frecuencias bajas retrasa el despliegue de LTE en el país ya se tiene que esperar que estas frecuencias sean liberadas por las estaciones de radio difusión sonora y televisión.

2.14 LTE Y WiMAX

Actualmente nos encontramos en la era de cuarta generación de comunicaciones móviles, la misma brinda alternativas que son: WiMAX y LTE, por supuesto que cada una de estas ofrece sus ventajas y desventajas como se observa en la Tabla, incluso pueden llegar a trabajar juntas.



Característica	WIMAX	LTE
Núcleo de red	Totalmente IP	UTRAN migrando hacia red todo IP (E-UTRA)
Tecnología de acceso		
Downlink	OFDMA	OFDMA
Uplink	OFDMA	SC-FDMA
Modo duplex	FDD y TDD	FDD y TDD
Banda de frecuencia	2,3-2,4GHz - 2,4-2,67GHz - 3,3-3,8GHz y 5,8 GHz	Varias bandas de frecuencia
Tasa de bits		
Downlink	75 Mbps	100 Mbps
Uplink	25 Mbps	50 Mbps
Ancho de banda del canal	5-8,75-10 MHz	1,25-20 MHz
Radio cobertura de célula	2-7 Km	5 Km
Capacidad de célula	100-200 Usuarios	>200 usuarios a 5 MHz >400 usuarios para un ancho de banda mayor
Eficiencia espectral	3,75 (bits/seg/Hz)	5 (bits/seg/Hz)
Movilidad		
Velocidad	Hasta 120 Km/h	Hasta 350 Km/h
Handover	Hard Handover	Handover inter célula
Standar	IEEE 802.16a hasta 16d	GSM/GPRS/UMTS/HSPA
MIMO		
Downlink	2Tx*2Rx y 4Tx*4Rx	2Tx*2Rx
Uplink	1Tx*NRx	2Tx*NRx
Roaming	-	A través de la red GSM/UMTS
Estándar completo	2005	2007
Inicio de despliegue	2007-2008	2010
Producción en masa	2009	2012

Tabla 24 : Comparativa WIMAX y LTE.



El rendimiento de LTE y WiMAX es similar en varios aspectos como: tasas de bits, latencia y movilidad para el usuario, sin embargo, LTE y WiMAX usan OFDMA en *downlink* (enlace de bajada), pero no en *uplink* (enlace de subida), una diferencia en este caso.

WiMAX utiliza OFDMA y LTE usa SC-FDMA que permite tener un PARP reducido en el *uplink* (enlace de subida). Una diferencia que se marca para el desarrollo de LTE y no de WiMAX es que LTE se encuentra actualmente creciendo en gran medida gracias al apoyo de la industria, tanto a nivel de operadoras de comunicaciones como de infraestructura y terminales móviles, ya que WiMAX se está enfocando más para redes industriales y aplicaciones netamente IP.



CAPÍTULO 3 DISEÑO METODOLÓGICO



En esta sección se enumeran los diferentes materiales empleados en este trabajo y se describen las etapas a través de las cuales se abordó nuestra investigación.

3.1 Materiales utilizados:

- ❖ 3 Computadoras
- ❖ 2 Celulares con red LTE
- ❖ Paquetes de datos móviles
- ❖ Mapas de la ciudad de León
- ❖ Libros y páginas web
- ❖ Tesis de trabajos anteriores en el extranjero

3.2 Etapas del proyecto

Para abordar y cumplir todos nuestros objetivos, se dividió el trabajo en las siguientes etapas:

3.2.1 Etapa I: de exploración

En esta etapa se recopiló información acerca del tema, haciendo búsquedas en libros, sitios web, etc.

3.2.2 Etapa II: Análisis de la infraestructura 4G.

- ❖ Verificación de sitios donde se encuentran las BTS.
- ❖ Análisis de la estructura de la BTS en cada sitio.
- ❖ Elaboración de Mapa de la Ciudad de León con la distribución de BTS.

3.2.3 Etapa 3: Evaluación de la calidad de servicio en la red 4G.

- ❖ Recopilación y análisis de software para analizar la calidad de servicio de las comunicaciones en la red 4G, que se ejecutan tanto en teléfonos celulares como en PCs.
- ❖ Medir la calidad de servicio con el software seleccionado, analizando parámetros como: cobertura, accesibilidad, retención, velocidad de transmisión de subida y de bajada, cambio de celda, calidad de voz, etc.

3.2.4 Etapa 4: Redacción del informe final:

Redacción y organización del documento final, el cual contiene la explicación de cada una de las etapas de este proyecto y solución de cada uno de los objetivos planteados.



CAPÍTULO 4 DESARROLLO

4.1 Verificación de sitios donde se encuentran las BTS:

Se visitaron los 6 sitios que cuentan actualmente con la tecnología LTE de la ciudad de León, los cuales fueron verificados para comprobar la cobertura y velocidad.

N°	Nombre del sitio	Barrio	Fecha de visita	Hora de visita
11	León 1	Ermita de Dolores	06/10/2016	4:00 pm
22	León 2	Guadalupe	09/10/2016	5:00 pm
33	León 3	Sutiava	16/10/2016	5:00 pm
44	León 5	Implagza	09/10/2016	2:00 pm
55	León Enitel	Sagrario	06/10/2016	6:00 pm
66	Radio Jerusalén	Sutiava	16/10/2016	3:00 pm

4.2 Análisis de la estructura

Las BTS utilizadas por la empresa de telecomunicaciones Claro Nicaragua – Enitel, para la tecnología LTE son BTS 6101, la cual posee sistema de control de alarma (SAU), Sistema de rectificadores que convierten la corriente de entrada de 240 voltios alternos a -48 voltios DC, como se aprecia en la siguiente imagen

BTS 6101



Exterior



Interior



DUS 3102



4.3 Elaboración de Mapa de la Ciudad de León con la distribución de BTS.

Se ubicó de manera exacta la distribución de las antenas que cubren el casco urbano de la ciudad de León, para constatar si el número de estas son suficientes para satisfacer la demanda de la población. Ver ANEXO pág. 102

4.4 Evaluación de la calidad de servicio en la red 4G.

Se instalaron software en los celulares para analizar la calidad de servicio de las comunicaciones en la red 4G, los cuales fueron: SpeedTest y Traffic Monitor con los cuales se midió la calidad de servicio y la cantidad de datos utilizados

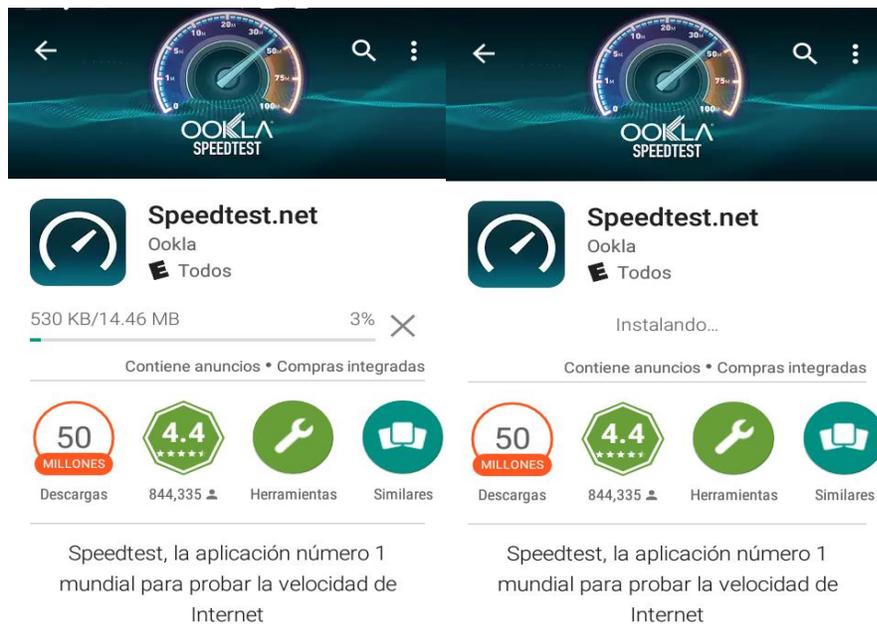
4.4.1 Instalación del SpeedTest

Instalación desde la aplicación Play Store en sistema Android con un equipo Samsung Galaxy 5:

1. Una vez que encuentras la aplicación en play store solo damos click en instalar.



2. Ya aceptada la instalación esta empieza a descargarse en el equipo (Samsung Galaxy 5).

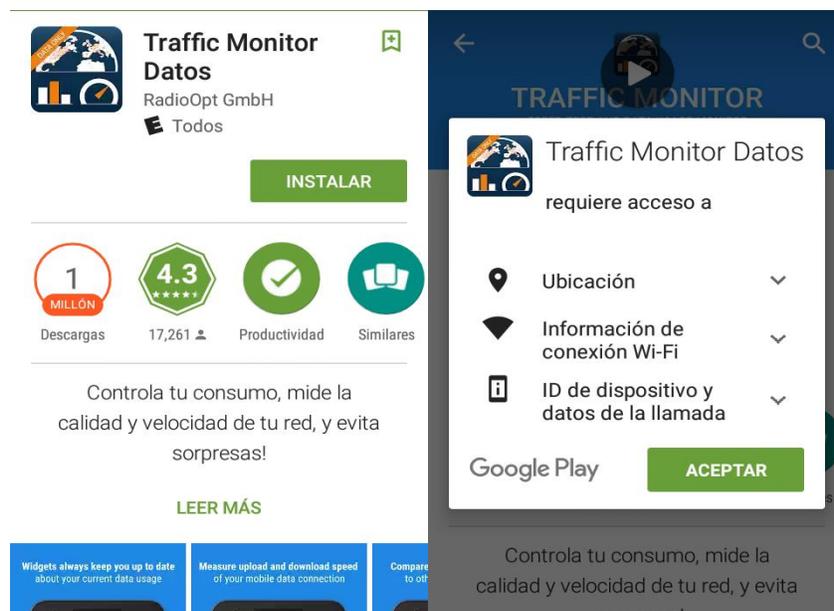


- Una vez instalada Speedtest esta es su portada lista para ser utilizada.



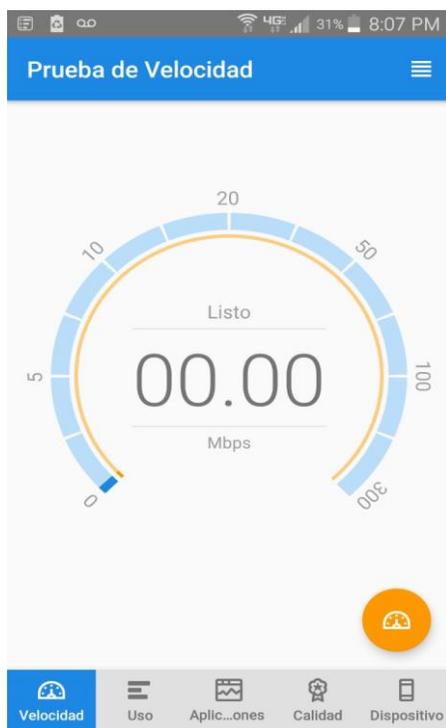
4.4.2 Instalación de Traffic monitor

Aplicación para verificar el consumo de datos y mide tu calidad de red, estaremos mostrando su instalación.





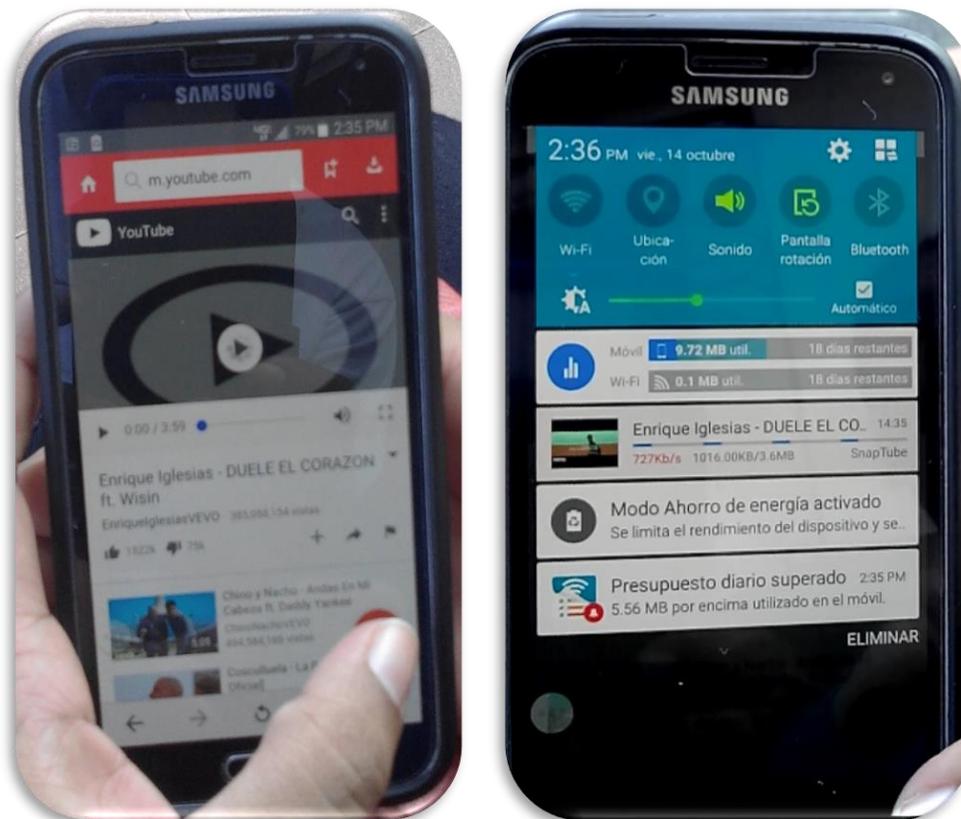
Ya instalada la aplicacion esta es la presentacion de esta o su inicio.



4.4.3 Pruebas de la calidad de servicio en la red 4G.

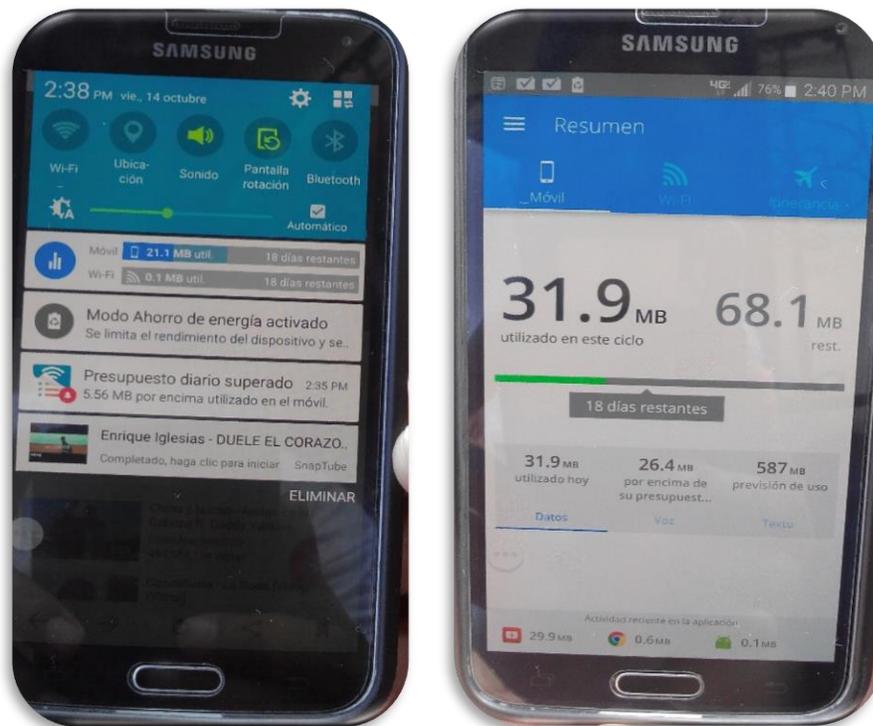
Una de las primeras pruebas que realizamos fue la descarga de una música mp3 en la aplicación Snaptube con un paquete de datos de 100mb de la compañía telefónica Claro.

- 1) Empezamos la descarga de una música mp3 Enrique Iglesias 'Duele el corazón' de 3.6mb a como vemos en la imagen este se está descargando y con el software Traffic monitor se está verificando el valor real de la descarga.

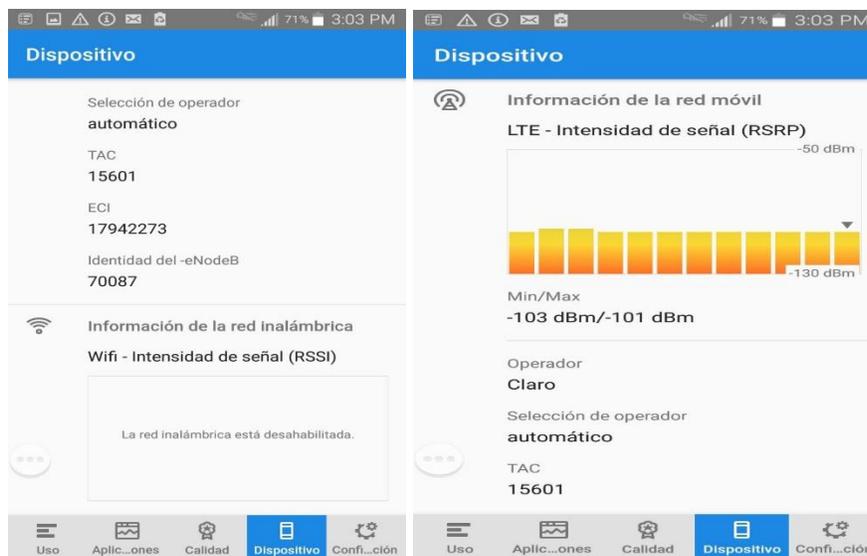




- 2) En la siguiente imagen completamos la descarga y con el Traffic monitor verificamos cuando paquete de datos hemos consumidos



- 3) Verificamos los valores del software Traffic monitor después de la descarga.

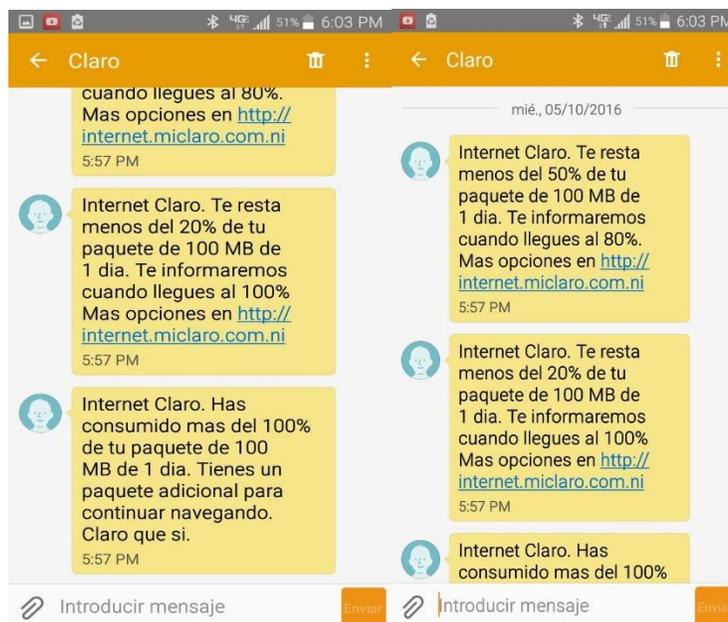




4) Realizamos un ping con el restante paquete de datos con el software SpeedTest



5) Una vez realizado el ping el paquete de datos sería consumido en su totalidad.





CAPÍTULO 5



5.1 Conclusiones

Después de haber finalizado este trabajo de investigación sobre: “Estudio y análisis de las limitaciones técnicas, operacionales y económicas en el despliegue de la tecnología LTE en la ciudad de León-Nicaragua” hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. La empresa de telecomunicaciones, no cuenta con el suficiente número de antenas con la tecnología LTE, para cumplir la demanda de los usuarios existentes, en la ciudad de León.
2. La tecnología 4G LTE nos lleva a una mayor velocidad de navegación, en comparación con las tecnologías predecesoras lo que disminuye el tiempo de espera para cargar datos.
3. El costo de esta tecnología es mayor a las anteriores por su integración y el rango de cobertura, lo que representa una fuerte inversión para la compañía de telecomunicaciones. Así mismo el costo para el usuario final es alto, puesto que debe contar con un dispositivo actual para el uso de esta tecnología.

5.2 Recomendaciones

- ❖ Implementar mayor cantidad de antenas con tecnología LTE, para dar una mayor cobertura en la ciudad de León.
- ❖ Que baje los costos de los paquetes de navegación para que el cliente tenga accesibilidad a esta nueva tecnología.
- ❖ Promover la actualización del estudio para determinar la evolución que ha tenido la tecnología LTE en la ciudad de León.



ANEXOS



5.3 Glosario:

LISTA DE ACRÓNIMOS

1xEV-DO	<i>One Carrier-Evolved Data-Optimized</i>
1xRTT	<i>One Carrier Radio Transmission Technology</i>
3GPP	<i>Third Generation Partnership Project</i>
AF	<i>Applications Function</i>
AMBR	<i>Aggregate Maximum Bit Rate</i>
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone System</i>
ARQ	<i>Automatic Repeat ReQuest</i>
AS	<i>Access Stratum</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BBU	<i>Baseband Unit</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CN	<i>Core Network</i>
CSFB	<i>Circuit Switched Fallback</i>
DL	<i>Downlink</i>
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
EDGE	<i>Enhanced GPRS</i>
eNB	<i>Evolved NodeB</i>
EoSDH	<i>Ethernet Over SDH</i>
EPC	<i>Evolved Packet Core</i>
ePDG	<i>Evolved Packet Data Gateway</i>
EPS	<i>Evolved Packet System</i>
E-UTRA	<i>Evolved UMTS Terrestrial Radio Access</i>
E-UTRAN	<i>Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network</i>
FDD	<i>Frequency Division Duplexing</i>
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GANC	<i>Generic Access Network Controller</i>



GBR	<i>Guarantee Bit Rate</i>
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i>
GMSK	<i>Gaussian Minimum Shift Keying</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile communications</i>
GTP-U	<i>GPRS Tunneling Protocol – User Plane</i>
HARQ	<i>Hybrid ARQ,</i>
HLR	<i>Home Location Register</i>
HSCSD	<i>High-Speed Circuit Switched Data</i>
HSDPA	<i>High-Speed Downlink Packet Access</i>
HSPA	<i>High-Speed Packet Access</i>
HSS	<i>Home Subscriber Server</i>
HSUPA	<i>High-Speed Uplink Packet Access</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IMS	<i>IP Multimedia Subsystem</i>
IMSI	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output</i>
MISO	<i>Multiple Input Single Output</i>
MME	<i>Mobility Management Entity</i>
MMS	<i>Multimedia Messaging System</i>
MPLS	<i>Multi-Protocol Label Switching</i>
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
MU-MIMO	<i>Multi User MIMO</i>



NAS	<i>Non-Access Stratum</i>
NGBR	<i>Non-GBR</i>
BR	<i>Guarantee Bit Rate</i>
NMT	<i>Nordic Mobile Telephone</i>
OFDMA	<i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i>
OTA	<i>Over The Air</i>
PCRF	<i>Policy and Charging Rules Function</i>
PDC	<i>Personal Digital Communications</i>
PDCP	<i>Packet Data Convergence Protocol</i>
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
PDN	<i>Packet Data Network</i>
PDU	<i>Power Distribution Unit</i>
P-GW	<i>PDN Gateway</i>
PLMN	<i>Public Land Mobile Network</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
RAN	<i>Radio Access Network</i>
RLC	<i>Radio Link Control</i>
RNC	<i>Radio Network Controller.</i>
RNL	<i>Radio Network Layer</i>
RRC	<i>Radio Resource Control</i>
RRU	<i>Remote Radio Unit</i>
RSRP	<i>Reference Signal Received Power</i>
SAE	<i>System Architecture Evolution</i>
SC-FDMA	<i>Single Carrier Frequency Division Multiple Access</i>
SCTP	<i>Stream Control Transmission Protocol</i>
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SDU	<i>Service Data Unit</i>
SGSN	<i>Serving GPRS Support Node</i>



S-GW	<i>Serving Gateway</i>
SIMO	<i>Single Input Multiple Output</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SISO	<i>Single Input Single Output</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SR-VCC	<i>Single Radio Voice Call Continuity</i>
STP	<i>Signaling Transfer Point</i>
SU-MIMO	<i>Single User MIMO</i>
SVLTE	<i>Simultaneous Voice and LTE</i>
TACS	<i>Total Access Communications System</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TDD	<i>Time Division Duplexing</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TFT	<i>Traffic Flow Templates</i>
TNR	<i>Transport Network Layer</i>
TX	<i>Transmit</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
UE	<i>User Equipment</i>
UL	<i>Uplink</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>
USIM	<i>Universal Subscriber Identity Module</i>
VoIP	<i>Voice over IP</i>
VOLGA	<i>Voice Over LTE via Generic Access</i>
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WMAN	<i>Wireless Metropolitan Area Network</i>
1G	<i>Primera Generación</i>
2G	<i>Segunda Generación</i>
2.5G	<i>Generación 2.5</i>
3G	<i>Tercera Generación</i>
3GPP	<i>Third Generation Paternntship Project</i>
3GPP2	<i>Third Generation Paternntship Project 2</i>



4G	Cuarta Generación
AFP	<i>Automatic Frequency Planning</i>
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone Service</i>
AMS	<i>Adaptative MIMO Switch</i>
AT&T	<i>American Telephone and Telegraph</i>
BER	<i>Bit Error Rate</i>
BLER	<i>Block Error Rate</i>
BSC	<i>Base Station Controller</i>
BSR	<i>Buffer Status Report</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
CDF	<i>Cumulative Distribution Function</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CEPT	<i>Conference of European Postal and Telecommunications</i>
CS	<i>Coding Scheme</i>
D-AMPS	<i>Digital AMPS</i>
DL	<i>Downlink</i>
E-UTRAN	<i>Evolved- UMTS Terrestrial Radio Access Network</i>
EDGE	<i>Enhanced Data Rates for Global Evolution</i>
eNB	<i>Evolved Node B</i>
EPC	<i>Evolved Packet Core</i>
EPRE	<i>Energy per Resource Element</i>
EPS	<i>Evolved Packet System</i>
ETSI	<i>European Telecommunication Standards Institute</i>
EV-DO	<i>Evolution-Data Only</i>
EV-DV	<i>Evolution for integrated Data and Voice</i>
FCC	<i>Federal Communications Commission</i>
FDD	<i>Frequency Division Duplex</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications
HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request
FFT	Fast Fourier Transform



HSCSD	High-Speed Circuit-Switched Data
HSS	Home Subscriber Server
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
ICIC	Inter-Cell Interference Coordination
IFFT	Inverse FFT
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMT	International Mobile Telecommunications
IMTS	Improved Mobile Telephone Service
IP	Internet Protocol
ISI	Inter-Symbol Interference
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	Radio communication Sector
JDC	Japan Digital Cellular
MAC	Media Access Control
MCS	Modulation and Coding Scheme
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MME	Mobility Management Entity
MRC	Maximum Ratio Combining
MTA	Mobiltelefonisystem A
MTS	Mobile Telephone Service
MU-MIMO	Multiple-User MIMO
MUG	Multi-User Gain
NAS	Non Access Stratum
NMT	Nordic Mobile Telephony
NTT	Nippon Telegraph and Telephone



P-GW	Packet Data Network Gateway
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio
PCRF	Policy Control and Charging Rules Function



5.4.1 Lista de antenas que tiene la compañía en el municipio de Leon:

N° de antena:	IDE:	Dirección:
leon1	LE0023	Frente a la aguadora de la ermita o de la ermita una cuadra al norte.
leon2	LE0002	Costado norte de la UDM (universidad de Managua).
leon3	LE0003	Detrás del mercado de Sutiava
Leon5	LE0032	Implagza 200mts al Este
leon6	LE0034	De la ermita de san Pedro 6 cuabras al sur.
Leon7	LE0060	Barrio Zaragoza, tope duque estrada 6 cuabras al Norte.
Leon8	LE0063	Campus medico: Del portón del campus 1 cuadra a bajo y 500mts al sur y 1 a bajo
Leon9	LE0066	Colonia universitaria costado norte del club metropolitano
Leon10	LE0019	Enitel
Leon11	LE0058	posada del sol : instalaciones de radio Darío
Leon12	LE0059	instalaciones Santafé móvil
Leon13	LE0098	Barrio san Felipe: pizarra del estadio 1 al sur ½ arriba
Leon14	LE0100	Laborío: Del INO 3 al norte ,1 abajo y media al norte.
Leon15	LE0099	Barrio Sutiava: De la ermita de san Pedro media al norte
Leon16	LE0108	Concepción de María: Del residencial los maestros 200mts al sur
Leon17	LE0062	William Fonseca: De la entrada 500mts al sur.
Leon18	LE0036	Policía nacional: Dentro de las instalaciones.
Leon19	LE0097	UCC: Portón del campus 1cudras al oeste y ½ al sur
Leon20	LE0064	El calvario del hotel Europa 1 cuadra al este y ½ al sur.



Leon21	LE0027	Rio dulce (carretera poneloya km10)
Leon22	LE0038	Entrada Oscar Perez Casar 6 cuadras al este.



La ley 843

El Presidente de la República de Nicaragua

A sus habitantes, Sabed:

Que,

LA ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA

CONSIDERANDO

I

Que el artículo 105 de la Constitución Política de la República de Nicaragua establece que es obligación del Estado promover, facilitar y regular la prestación de los servicios públicos básicos de energía, comunicación, agua, transportes, infraestructura vial, puertos y aeropuertos a la población, y es derecho inalienable de la misma el acceso a ellos.

II

Que el país no cuenta con un cuerpo legal que regule de forma particular la ubicación, construcción e instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

III

Que la presente Ley tiene como objetivo la regulación de la ubicación, construcción, instalación, uso, mantenimiento y fiscalización de las estructuras para soportar equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

IV

Que la presente Ley logra armonizar la adecuación del respeto y protección de los derechos de las personas que habitan en los sitios poblacionales cercanos a donde se ubiquen, construyan e instalen estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones y la necesaria seguridad jurídica que el estado de Nicaragua brinda a los inversionistas.



POR TANTO

En uso de sus facultades

HA ORDENADO

La siguiente:

LEY N° 843

**LEY QUE REGULA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS
DE SOPORTE PARA EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES QUE HACEN USO DEL
ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

CAPÍTULO I

Del Objeto, Ámbito de Aplicación, Órgano y Autoridad Competente

Artículo 1 Objeto de la Ley

La presente Ley tiene por objeto regular la ubicación, construcción, instalación, uso, mantenimiento y fiscalización de las estructuras para soportar equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, con el fin de garantizar la expansión ordenada de las redes de telecomunicaciones de tal forma que se resguarden, protejan y tutelen los derechos de la ciudadanía en los sitios donde se ubique este tipo de estructura, procurando además la armonía y el equilibrio del paisaje. Así mismo, tiene por alcance normar los requisitos, plazos, el Ente Regulador y autoridades competentes para otorgar el permiso de ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que utilizan el espectro radioeléctrico.

Art. 2 Ámbito de aplicación



La presente Ley es aplicable en todo el territorio nacional, a todas las empresas operadoras de telecomunicaciones debidamente autorizadas por el Ente Regulador; a las empresas de comercialización, instalación y operación de equipos de telecomunicaciones; a las personas naturales o jurídicas propietarias de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico; a los propietarios de los sitios donde se construirán, construyen o construyeron estructuras de soporte objeto de esta Ley; a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que soliciten autorización para ubicar, instalar, usar o dar mantenimiento a una estructura y su equipo de telecomunicaciones, a los torreros o sus gestores. Las disposiciones de la presente Ley, no serán aplicables al Ejército de Nicaragua y a la Policía Nacional en cuanto a la instalación, ubicación, construcción, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico destinado para fines de orden interno, seguridad y defensa nacional.

Art. 3 Ente Regulador

El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, que en lo sucesivo podrá ser denominado indistintamente como TELCOR, es el ente regulador competente para la aplicación de la presente Ley. En coordinación con otras autoridades competentes, emitirá el correspondiente permiso para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para los equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

Art. 4 De las autoridades competentes

Conforme sus respectivas competencias, son autoridades competentes para emitir permisos, autorizaciones, constancias o avales necesarios para la emisión del permiso para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para los equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico:

- 1) Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales;
- 2) Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil;
- 3) Ministerio de Transporte e Infraestructura;
- 4) Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales;
- 5) Municipalidades; y
- 6) Consejos Regionales de la Costa Atlántica.



El Ente Regulador coordinará con el Ejército de Nicaragua cuando por razones de seguridad y defensa nacional así se exija.

CAPÍTULO II

Definiciones y Derecho de Operar Conforme la Presente Ley

Art. 5 Definiciones

Para efectos de la presente Ley, se entenderá por:

- a) **Áreas Protegidas:** Las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora, fauna silvestre y otras formas de vida, así como la biodiversidad y la biosfera. Igualmente se incluirá en esta categoría, aquellos espacios de territorio nacional que, al protegerlos, se pretende restaurar y conservar fenómenos geomorfológicos, sitios de importancia histórica, arqueológica, cultural, escénica o recreativa;
- b) **Área Rural:** Se refiere al resto del territorio municipal, que no es urbano, caracterizado por población dispersa o concentrada y cuyas actividades económicas en general se basan en el aprovechamiento directo de los recursos naturales;
- c) **Área Urbana:** Expresión física territorial de población y vivienda concentrada y articulada por calles, avenidas, caminos y andenes. Con niveles de infraestructura básica de servicios, dotada del nivel básico de equipamiento social, educativo, sanitario y recreativo. Conteniendo unidades económicas, productivas que permiten actividades diarias de intercambio beneficiando a su población residente y visitante. Puede o no incluir funciones públicas de gobierno;
- d) **Derecho de Vía:** Anchura total que deben tener todas las carreteras; para las carreteras internacionales o interoceánicas 40 metros, 20 metros a cada lado del eje. Para las carreteras interdepartamentales o vecinales 20 metros, 10 metros a cada lado del eje. La Ley de la materia establecerá sus modificaciones conforme el desarrollo de infraestructura en el país;



- e) **Derechos de vías de los sistemas viales municipales:** Son los establecidos en los planes de desarrollo urbano o semi urbano de cada Municipio;
- f) **Equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico:** Todo equipo que utiliza como medio de transmisión el espectro radioeléctrico, incluyendo de manera enunciativa: antenas de telefonía celular, televisión, radiodifusión, internet, enlaces de microondas punto a punto o punto multipunto;
- g) **Estructura de soporte de equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico:** Es toda estructura de construcción vertical cuyo propósito sea instalar en ella equipos de telecomunicaciones o sus sistemas radiantes. Entre estas se incluyen: torres de telecomunicaciones, autosoportadas, monopolos, mástiles, postes, torres arriostradas y cualquier estructura vertical de soporte que preste las condiciones para la instalación de equipos de telecomunicaciones;
- h) **Operador de Telecomunicaciones:** Es toda persona natural o jurídica debidamente autorizada por el Ente Regulador para brindar un servicio de telecomunicaciones;
- i) **Permiso de instalación o ubicación:** Es el documento emitido por el Ente Regulador, autorizando la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones;
- j) **Permiso Institucional:** Documento que emite cada autoridad competente, en el marco de sus atribuciones y competencias, para la tramitación de la autorización para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de estructuras de soporte para la instalación de equipos de telecomunicaciones;
- k) **Plan de Manejo de Áreas Protegidas:** Instrumento científico técnico requerido para la administración y gestión de un Área Protegida del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y su zona de amortiguamiento;



- l) **Propietario:** Persona natural o jurídica que posee, en cualquier título, una porción de tierra, vivienda o edificio dentro de la cual se instalará o se tiene instalada una estructura de soporte de equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico;
- m) **Título habilitante:** Son las concesiones, licencias, permisos, autorizaciones o constancias que emite el Ente Regulador para operar los servicios de telecomunicaciones;
- n) **Torrero:** Persona natural o jurídica propietaria de estructuras de soporte o su constructor, dedicada a la comercialización de espacios para instalación de equipos de telecomunicaciones para operadores debidamente autorizados. El torrero deberá registrarse en TELCOR y actualizar anualmente su información.

Todo ello sin perjuicio de otras definiciones contenidas en otras leyes.

Art. 6 Derechos de operar conforme la presente Ley

Sin menoscabo de los derechos que poseen, por acuerdos suscritos para funcionar en el país, dando servicios de telecomunicaciones y que cuentan con las respectivas licencias, concesión o título habilitante emitidos por el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, se reconoce a las personas naturales o jurídicas, empresas privadas o públicas e instituciones del Estado, el derecho de operar conforme las normas y regulaciones de la presente Ley.

A su vez, se les reconoce el derecho a instalar y ubicar estructuras de soporte de equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, siempre y cuando cumplan, de previo, con los requisitos establecidos en esta Ley, su Reglamento y normativas. Se reconoce el derecho de la población a su seguridad y bienestar relacionado a la instalación de estas estructuras de soporte que hacen uso del espectro radioeléctrico.



CAPÍTULO III

De la Creación y Funciones de la Ventanilla Única

Art. 7 Creación de Ventanilla Única

Crease la Ventanilla Única como una dependencia del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, quien la dirige y coordina, para la tramitación de os permisos de ubicación, construcción e instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico. La Ventanilla Única, funcionará como oficina centralizada para gestionar, en coordinación con las autoridades competentes, los permisos, avales o constancias para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

La Ventanilla Única estará ubicada en las oficinas centrales de TELCOR en la ciudad de Managua, sin perjuicio de instalar ventanillas en otras localidades del territorio nacional. Para el funcionamiento de la Ventanilla Única, el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos deberá dictar una normativa de procedimiento interinstitucional de convocatoria y organización, respetando las competencias de las distintas instituciones públicas atendiendo a criterios uniformes para el mismo tipo de estructura en función del propósito del uso de la misma. Este procedimiento deberá ser elaborado por TELCOR, en coordinación con las autoridades competentes, en un plazo no mayor de cuarenta y cinco (45) días hábiles después de entrada en vigencia esta Ley.

El permiso emitido por el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos constituirá prueba de que se han cumplido todos los requisitos legales y técnicos para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

Art. 8 Funciones de la Ventanilla Única

Son funciones de la Ventanilla Única, las siguientes:



- a) Unificar y simplificar los trámites relativos a la obtención de los permisos pertinentes para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico;
- b) Brindar información y asesoría sobre los requisitos, trámites y gestiones a realizar en general;
- c) Publicar en un lugar visible de acceso público, en las oficinas de la Ventanilla Única, todos los requisitos, costos de servicios y documentos exigidos por esta dependencia, a los representantes legales, apoderados, o los gestores, para la tramitación del permiso solicitado;
- d) Recibir los documentos correspondientes para el trámite del permiso para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, únicamente si cumplen con los requisitos establecidos en el Reglamento de la presente Ley;
- e) Tramitar la emisión, prórroga, rechazo, modificación, suspensión, cancelación o revocación del permiso para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico a los sujetos de esta Ley, cuando corresponda;
- f) Llevar el registro de los Torreros;
- g) Gestionar el aval emitido por los Gabinetes de la Familia, Comunidad y la Vida, en coordinación con la Delegada o Delegado municipal o de los Consejos Regionales de la Costa Atlántica;
- h) Garantizar que, en aquellos sitios, ubicados en áreas protegidas legalmente declaradas, reservas silvestres privadas y parques ecológicos Municipales que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora, fauna silvestre y otras formas de vida, así como la biodiversidad y la biosfera, o que protegen fenómenos geomorfológicos, sitios de importancia histórica, arqueológica, cultural, escénicos o recreativos, previa autorización de la propietaria o propietario privado en caso de reservas silvestres privadas, de la Municipalidad en caso de parques ecológicos Municipales y el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales en casos de áreas protegidas, el Operador o Torrero, al emplazar la estructura de soporte, deberá construirla debidamente mimetizada, para mitigar



el impacto visual; sus características constructivas deberán permitir la armonización con la vegetación existente en el entorno, minimizando cualquier alteración al ecosistema, procediendo a enmascarar dicha estructura, sin perjuicio de las limitaciones por navegación aérea; y

- i) Las demás funciones que le establezca el Reglamento de la presente Ley o normativa.

CAPÍTULO IV

Deberes de la Ventanilla Única

Art. 9 Publicación de información

El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos deberá publicar en su página web y en las oficinas de la Ventanilla Única, los instructivos, manuales, formularios y demás documentos correspondientes para la obtención de los permisos establecidos en la presente Ley y su Reglamento, para que sea del conocimiento de toda la ciudadanía.

Art. 10 Acceso a información y confidencialidad

La Ventanilla Única en el cumplimiento de sus funciones deberá guardar confidencialidad y estricto sigilo respecto de toda la información que reciba de los solicitantes. La información y documentación que reciba y resguarde la Ventanilla Única será utilizada exclusivamente para el trámite de los permisos solicitados, por lo que no podrá divulgar de forma alguna a otra persona distinta al solicitante o a terceros la información o documentación recibida.

La Ventanilla Única garantizará que se proporcione a la persona interesada que lo solicite, toda la información que éste requiera sobre los trámites que se realicen en esa dependencia. En los casos de las personas jurídicas bastará con el apersonamiento del representante legal o apoderado debidamente acreditado. Basados en el principio de igualdad, los trámites y requisitos serán los mismos para todas las personas comprendidas en el ámbito de aplicación de la presente Ley que soliciten permiso para la ubicación, construcción, instalación, uso y mantenimiento de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

**Art. 11 Costo de trámite administrativo**

A fin de compensar los gastos relacionados con la gestión de la Ventanilla Única, y cumplidos los requisitos, el solicitante del permiso de instalación, enterará en caja del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, en concepto de arancel por dichos servicios, incluyendo el permiso, la suma de Tres mil Dólares de los Estados Unidos de América (US\$ 3,000.00), pagaderos en moneda nacional.

CAPÍTULO V**Del Trámite para la Obtención de Permisos****Art. 12 Procedimiento para solicitudes de permisos**

El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, a través de la Ventanilla Única recepcionará y resolverá las solicitudes de permisos que presenten las personas naturales o jurídicas, para ubicar, construir, instalar, usar y mantener estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico. Para tales efectos, en el Reglamento de la presente Ley, se definirá el procedimiento, las medidas administrativas y organizativas, que eviten duplicidad de trámites ante las distintas instituciones públicas involucradas.

Este procedimiento permitirá dar respuesta definitiva para la obtención del permiso en un plazo no mayor de cuarenta y cinco (45) días calendario contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud de dicho permiso, previo cumplimiento de todos los requisitos o subsanaciones, si las hubiere, sin detrimento de la tramitación de los recursos administrativos que pudiesen ser presentados por los solicitantes, los cuales deberán ser resueltos en los términos indicados en la presente Ley.

Art. 13 Solicitud de permisos en Ventanilla Única

La persona interesada debe presentar solicitud para la tramitación del permiso de instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones ante la Ventanilla Única del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, quien de acuerdo al procedimiento establecido en la presente Ley, coordinará



con las autoridades competentes los correspondientes documentos que avalen o denieguen la instalación de dichas estructuras.

Toda solicitud para la tramitación del permiso de instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones, deberá ser gestionada por el operador de telecomunicaciones debidamente autorizado por el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos.

Art. 14 Requisitos para la obtención del permiso

La persona interesada en obtener el permiso objeto de esta Ley deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Formulario de solicitud con los datos del proyecto, presupuesto y diseño;
- b) Estudio geológico;
- c) Estudio geotécnico;
- d) Planos arquitectónicos;
- e) Permiso de construcción emitido por la Alcaldía del territorio;
- f) Memoria de cálculo;
- g) Planos constructivos;
- h) Licencia de constructor emitida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura;
- i) Matricula y solvencia Municipal del constructor, donde está domiciliado;
- j) Solvencia Municipal del dueño o dueña del proyecto;
- k) Plan de manejo ambiental y de medidas de mitigación de Impactos;
- l) Coordenadas georreferenciadas del sitio;
- m) Plano de micro localización en mapa a escala 1:10000; y
- n) La coubicación, debe ser un proceso libremente negociado entre las partes y no es de carácter obligatorio, debiendo el solicitante presentar como requisito para la obtención del permiso, comunicación escrita informando que no existe acuerdo con la otra empresa propietaria de la estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones, ubicada en el sitio donde se solicita el permiso, para la nueva instalación.

En ningún caso podrá ser requerido por la Ventanilla Única, entidades de gobierno, órgano o funcionario requisitos o documentos distintos a los indicados anteriormente, salvo que sea expresamente establecido por el Reglamento de la presente Ley.



Art. 15 Vigencia del permiso

El permiso de construcción queda sujeto al plazo de ejecución de dicha estructura, el cual no podrá ser mayor de ciento ochenta (180) días a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, en caso contrario deberá tramitarse el permiso nuevamente.

Una vez construida la estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones, el aprovechamiento del sitio se extenderá al plazo restante del título habilitante de los concesionarios y licenciarios, siempre que cumpla con las condiciones establecidas en la presente Ley y su Reglamento.

La validez del permiso estará en dependencia de la dinámica del sector, aplicación de normas internacionales y nacionales pertinentes, que ordenen la modificación, desinstalación o reubicación de dicha estructura.

Art. 16 Criterios generales para la instalación de estructuras de soporte

Para garantizar que la ubicación e instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, no representen riesgos para la vida, seguridad de la población, protección de los bienes, libre movilización, navegación aérea y armonización con el paisaje, ante eventos de la naturaleza u otras contingencias provocados por el hombre, deberá cumplir, al menos, con lo siguiente:

- 1) El Reglamento Nacional de la Construcción vigente emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura, de acuerdo al tipo de estructura que se pretende instalar;
- 2) Norma TIA/EIA 222 – Normas Estructurales para Torres y Estructuras de Acero para Antenas, para el diseño de la estructura en lo relacionado al Reglamento Nacional de la Construcción;
- 3) En dependencia de la altura de la estructura, debe sujetarse a los siguientes parámetros:
 - a) En las áreas urbanas, las estructuras menores de 36 metros de altura pueden estar soportadas en un solo elemento, o bien arriostradas o autosoportadas;
 - b) En las áreas urbanas la altura máxima permitida para la instalación de la infraestructura de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico será de 45 metros. Cuando se encuentre construida, instalada o se vaya a instalar en edificios o azoteas no podrá



- ser superior a los 9 metros. Se deberá tomar en cuenta las limitaciones establecidas para la navegación aérea; y
- c) Fuera de las áreas urbanas, las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, con alturas mayores de 36 metros, deben ser estructuras autosoportadas, es decir, estructuras asentadas sobre tres o más soportes.
- 4) Excepcionalmente, en el área urbana, el Ente Regulador, atendiendo a criterios estrictamente técnicos y debidamente fundamentados de previo, podrá autorizar la instalación de estructuras de altura mayor o soporte diferente a lo antes establecido, debiendo tomar en cuenta las limitaciones establecidas para la navegación aérea. En Centros de Desarrollo Infantil, escuelas, colegios, centros de salud y hospitales, no se permitirá la instalación de estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones a una distancia menor del 100% de la altura de la estructura que se pretende instalar. En los demás lugares, se debe garantizar que la distancia desde el centro de la estructura a la casa de habitación o sitio más cercano sea igual o mayor a un tercio de la altura de la estructura que se pretende instalar;
- 5) Contar con barreras físicas que impidan la entrada de personas ajenas al dueño o dueña de la estructura, contratistas o empleados de éste. Estas barreras podrán ser construidas de mampostería, losetas o concreto reforzado, según sea el caso;
- 6) Cuando se instalen en carreteras y caminos fuera del área urbana, éstas deberán tener un retiro igual o mayor a la mitad de la altura de la propia estructura, medida desde el límite externo del derecho de vía de la carretera; y
- 7) Las demás disposiciones que se establezcan en el Reglamento de la presente Ley.

CAPÍTULO VI

Disposiciones de Carácter Ambiental

Art. 17 Disposiciones de carácter ambiental

Las personas naturales o jurídicas sujetas al ámbito de aplicación de esta Ley, deberán cumplir las siguientes disposiciones de carácter ambiental:



- a) En la fase de construcción del proyecto, los desechos sólidos deben disponerse en el vertedero municipal, previa autorización de la alcaldía respectiva. Los desechos metálicos serán preferiblemente reutilizados, reciclados, vendidos o donados. En caso contrario, deberán ser almacenados para su disposición final en los sitios autorizados por la Alcaldía Municipal correspondiente, a costa del propietario o propietaria de la estructura;
- b) Las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones deben ser instaladas en espacios cerrados por cercas perimetrales que restrinjan el acceso a personal ajeno al operador correspondiente. Las cercas perimetrales deben ser construidas de mampostería reforzada, mampostería confinada, concreto reforzado o elementos de concreto prefabricado;
- c) La planta alterna generadora de energía, se deberá instalar en el interior de una caseta construida con paredes absorbentes de ruido, que reduzcan la intensidad de este tipo de contaminantes atmosféricos. Cuando se instalen motores a la intemperie deberán estar provistos de una cubierta aisladora de sonido. En ambos casos la planta generadora y el motor deberán montarse sobre una base sólida para absorber vibraciones;
- d) En el caso de utilizar tanque de almacenamiento de combustible para la planta alterna generadora de energía, se debe impermeabilizar el piso o la base soporte del tanque, construirle un muro perimetral o berma para contener derrames y contar con extintores para contrarrestar un posible incendio;
- e) El muro perimetral o berma del tanque de combustible y la base formarán un cubeto que tendrá un sistema de drenaje formado por una tubería de conducción equipada con válvula de seguridad que permita evacuar a voluntad el volumen de combustible derramado que se almacene en el cubeto debiendo tener una capacidad de contención de 1.5 veces la capacidad de tanque instalado;
- f) La empresa debe considerar toda medida preventiva necesaria durante las actividades que se realizan para la instalación de las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones, a fin de evitar accidentes en los sitios poblados aledaños al proyecto;
- g) Todos los elementos que componen la estructura de soporte, el equipamiento para la transmisión y recepción de señales, así como otras obras conexas, una vez que no tengan un uso futuro, deberán ser desmontados por los propietarios o propietarias, a su costa, y evacuado en los sitios de almacenamiento especiales temporales, o en sitios autorizados para su disposición final o en vertederos municipales. En todos los casos, previa autorización de la Alcaldía Municipal correspondiente; y
- h) Otras disposiciones establecidas en el Reglamento de la presente Ley. Todas estas disposiciones, sin perjuicio de lo establecido en otras leyes de la materia.

CAPÍTULO VII



De los Recursos Administrativos

Art. 18 Recursos administrativos

En los casos de inconformidad por los actos emanados del Ente Regulador o de las autoridades competentes, el afectado podrá hacer uso del sistema de recursos establecidos en la Ley No. 290, "Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo con Reformas Incorporadas", publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 35 del veintidós de junio de dos mil trece o bien el Sistema de Recursos comprendidos en la Ley No. 40 "Ley de Municipios" con reformas incorporadas, publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 6 del catorce de enero del dos mil trece, según corresponda.

CAPÍTULO VIII

Instalaciones Provisionales

Art. 19 Estado de Emergencia o situaciones de desastre

En los casos de emergencia que involucren el deterioro de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que afecten las telecomunicaciones en la República de Nicaragua, mediando únicamente comunicación escrita del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, se podrán instalar de manera provisional, sin que se requieran los permisos y autorizaciones señalados en la presente Ley, las estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que sean necesarios para mantener la continuidad del servicio de telecomunicaciones en el territorio nacional, sin perjuicio que dicha instalación sea formalizada en un plazo no mayor de treinta días hábiles posteriores al hecho acaecido, sin perjuicio de las limitaciones por navegación aérea.

Art. 20 Instalaciones temporales

En el caso de concentraciones masivas, actos públicos, requerimientos estatales u optimización de servicios, los Operadores interesados, para asegurar la calidad de los servicios, podrán ubicar equipos de telecomunicaciones temporales auto trasportables, los que por su carácter de temporalidad y movilidad únicamente requerirán la notificación escrita o por correo electrónico del operador a la Ventanilla Única y a la Alcaldía Municipal correspondiente, garantizando todas las medidas de seguridad al momento de colocación y



durante la operación de estos equipos, los que deberán removerse a más tardar cuarenta y ocho (48) horas después de finalizado el objeto de su instalación.

CAPÍTULO IX

De las Infracciones y Sanciones

Art. 21 Infracciones y sanciones

La inobservancia o incumplimiento a las disposiciones de la presente Ley y su Reglamento, constituirán infracciones que serán sancionadas de la siguiente forma:

- a) Cuando se instale una estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, sin cumplir con las disposiciones establecidas en la presente Ley, se impondrá una multa de Diez Mil Dólares de los Estados Unidos de América (US\$ 10,000.00), en su equivalente en córdobas al cambio oficial del Banco Central de Nicaragua del día del efectivo pago. El sujeto que cometiere tal infracción deberá iniciar o continuar el proceso de solicitud de permiso. En caso de incumplimiento reiterado y debidamente demostrado, TELCOR podrá ordenar la remoción de la estructura;
- b) En caso de no acatar lo ordenado por TELCOR con respecto a las disposiciones establecidas en la presente Ley, se impondrá una multa de Quince Mil Dólares de los Estados Unidos de América (US\$ 15,000.00) en su equivalente en córdobas al cambio oficial del Banco Central de Nicaragua del día del efectivo pago y además este podrá ordenar la detención de la instalación de la estructura en aquellos casos de construcción en proceso. El sujeto que cometiere tal infracción deberá iniciar o continuar el proceso de solicitud de permiso para continuar con la instalación de la estructura de soporte de equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico; y
- c) En caso de que la persona natural o jurídica insistiera en continuar con la instalación de la estructura sin contar con el permiso correspondiente, se le impondrá una multa de Veinticinco Mil Dólares de los Estados Unidos de América (US\$ 25,000.00) en su equivalente en córdobas al cambio oficial del Banco Central de Nicaragua del día del efectivo pago y además TELCOR ordenará la remoción de la estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones con el auxilio de la Policía Nacional, a costas del infractor y se ejecutará la garantía. De persistir en la negativa de acatar lo resuelto por TELCOR, podrá resolverse sobre la suspensión de la licencia de operación, de conformidad a lo dispuesto en el contrato de concesión y las leyes de la materia.



Las autoridades de la policía prestarán el auxilio policial al Ente Regulador, previa solicitud por escrito, la que consistirá en brindar protección a los funcionarios encargados y el personal designado para la remoción de la estructura. El cumplimiento de las sanciones establecidas en la presente Ley, se acreditará en el expediente respectivo con el recibo oficial de caja del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos que el sancionado enterará en Ventanilla Única. Las infracciones y sanciones establecidas en la presente Ley, son sin perjuicio de las reguladas en otras leyes.

CAPÍTULO X

Disposiciones Transitorias

Art. 22 Cumplimiento de requisitos de aprobación

Las empresas sujetas al ámbito de aplicación de la presente Ley, con sitios que hayan sido autorizados y cuya construcción esté iniciando o por finalizar, deberán concluir en un plazo no mayor de sesenta (60) días, con los requisitos de aprobación existentes hasta antes de la entrada en vigencia de la presente Ley. Vencido el plazo señalado, deberán adecuar su cumplimiento a las disposiciones de la presente Ley.

Las estructuras de soporte de equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico que no cumplieron con los correspondientes permisos, gozarán de un período de seis (6) meses para adecuarse a los requisitos, procedimientos y permisos de la presente Ley.

Art. 23 Conclusión de trámite pendiente y obtención de permiso

Las empresas sujetas al ámbito de aplicación de la presente Ley propietaria de estructuras de soporte para equipo de telecomunicaciones, cuyos sitios hayan sido emplazados, colocados o construidos antes de la entrada en vigencia de esta Ley, sin cumplir con los requisitos anteriores a ésta, deberán concluir los trámites pendientes y obtener el permiso correspondiente en los ciento ochenta (180) días subsiguientes, caso contrario TELCOR ordenará su remoción de conformidad a lo establecido en la presente Ley y su Reglamento.

Los propietarios o propietarias de dichas estructuras deben realizar mantenimientos periódicos que se correspondan a cada una de las estructuras emplazadas. De igual forma deberán respetar y garantizar el diseño original de la estructura autorizada o emplazada.

**Art. 24 Registro de los sitios de ubicación de antenas de telecomunicaciones**

Los Operadores de servicios de telecomunicaciones, para efectos de registro, supervisión e inspección, deberán remitir al Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos en un plazo de sesenta (60) días calendario a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, un listado íntegro y detallado de los sitios que poseen actualmente, a cualquier título, donde tengan emplazadas antenas de telecomunicaciones. Éste deberá identificar cada sitio con sus coordenadas georreferenciadas, así como su dirección tradicional, las características constructivas y demás información pertinente.

CAPÍTULO XI**Reforma al artículo 21 del Decreto No. 394, Disposiciones Sanitarias****Art. 25 Reforma del artículo 21 del Decreto No. 394, Disposiciones Sanitarias**

Refórmese el artículo 21 del Decreto N°. 394, "Disposiciones Sanitarias", publicado en La Gaceta, Diario Oficial N°. 200 del 21 de octubre de 1988, el que se leerá así:

"Arto. 21. Toda construcción requerirá de la aprobación del Ministerio de Salud, desde su etapa de proyecto hasta su puesta en marcha, exceptuando la construcción e instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico".



CAPÍTULO XII

Disposiciones Derogatorias y Finales

Art. 26 Derogación

Se deroga la siguiente disposición: Resolución No. 022-2004, emitida por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 117 del 16 de junio del 2004.

Art. 27 Desinstalación de estructura de soporte para equipo de telecomunicación por desuso

Cuando el propietario o propietaria de un sitio decida no continuar usando una estructura de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, deberá informarlo a la Ventanilla Única en un plazo no mayor de treinta (30) días, debiendo proceder a su desinstalación en los siguientes sesenta (60) días luego de notificado, en caso de incumplir esta obligación, el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos mandará a hacer la remoción a costa del propietario y ejecutará su garantía. En caso de abandono por el propietario, TELCOR procederá a la remoción de la estructura en los mismos términos de este artículo.

Art. 28 Adecuación de las normativas de protección de la Salud

Si con posterioridad a la entrada en vigencia de la presente Ley, la Organización Mundial de la Salud recomienda la adopción de medidas tendientes a la protección de la población contra exposición a radiaciones no ionizantes y las mismas recomendaciones sean avaladas por el Ministerio de Salud de Nicaragua, se procederá a incorporar lo pertinente en las normativas o Reglamentos correspondientes del Ministerio de Salud y del Instituto

Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos. El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos velando por el beneficio de la ciudadanía, será el garante de que todos los equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico que se instalen, cumplan con los debidos parámetros técnicos en cuanto a potencia y emisiones de radiaciones no ionizantes.

Art. 29 Permiso en zona fronteriza



Los permisos en zona fronteriza para la ubicación, construcción e instalación de estructuras de soporte para equipos de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, se otorgará de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley No. 749, “Ley del Régimen Jurídico de Fronteras de la República de Nicaragua”, publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 244 del 22 de diciembre de 2010, en lo que le fuere aplicable.

Art. 30 Adecuación de ordenanzas municipales

Las municipalidades en un plazo no mayor de ciento veinte (120) días a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, deberán adecuar sus ordenanzas y planes de regulación urbana a las disposiciones contenidas en la presente Ley.

Art. 31 Reglamentación

El Poder Ejecutivo dictará el Reglamento de la presente Ley, de conformidad con lo establecido en el numeral 10 del artículo 150 de la Constitución Política de la República de Nicaragua.

Art. 32 Vigencia y publicación.

La presente Ley entrará en vigencia a partir de su publicación en La Gaceta, Diario Oficial. Dado en la ciudad de Managua, Sala de Sesiones de la Asamblea Nacional, a los veintisiete días del mes de junio del año dos mil trece.



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

Coral, J. A. (2013). Diseño de red de una generacion LTE-A para una zona urbana en Bogota bajo el estandar 3gpp y la recomendacion ITU-R.M.1457.pdf. Bogota, Colombia.

Diez, R. H. (08 de Marzo de 2010). <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones>. Obtenido de <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones>.

Ericsson. (03 de Noviembre de 2009). PRODUC DESCRIPTION FOR-RBS 6601.pdf.

Ericsson. (09 de Noviembre de 2015). L15B NETWORK IMPACT REPORT.pdf.

Ericsson, C. (03 de Noviembre de 2015). Siv 02/ TCU02T15 field Maintenance.

Ericsson, C. (03 de Noviembre de 2015). SIV02/ TCU 02 T15 Fiel Maintenance STUDENT BOOK. U.S.A.

Fermoso, C. (26 de Mayo de 2014). Instalacion de PBC-05 y BBs-05 con RBS 6601(Ericson internal).pdf. Honduras.

Jiménez, L. M. (Mayo de 2013). Evaluacion de la red de trasmision de acceso móvil desde TDM A ALL-IP.pdf. Valencia, España.

Moya, S. L. (2015). Infraestructura para una BTS de telefonia movil urbana.pdf. Sevilla, España.

Muso, J. D. (julio de 2014). Diseño de una red 4G LONG TERM EVOLUTION (LTE) en redes moviles.pdf. Amato, Ecuador.

Navaz, M. T. (Diciembre de 2010). Evaluacion de la tecnologia UMTS instalacion por empresa COHEMCA.pdf. Maracaibo, Venezuela.



Pérez, J. P. (Abril de 2015). El nuevo paradigma de la Movilidad: LTE la evolucion de la tecnologia telefonica.pdf. Madrid, España.

Soto, K. E. (2009). LTE,Evaluacion a largo plazo para el acceso inalambrico de banda ancha movil.pdf. Valencia, Chile.

Tomas, L. M. (13 de Junio de 2013). <http://arantxa.ii.uam.es/~cmoviles/>. Obtenido de <http://arantxa.ii.uam.es/~cmoviles/>.

Yus, C. M. (23 de agosto de 2013). La proxima generacion en comunicaciones móviles LTE tecnologia 4G.pdf. Chile.