

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



IMPLEMENTACIÓN DE LA RED BASADA EN CAPACIDAD Y CALIDAD DE
SERVICIO CON TECNOLOGÍA LTE USANDO RBS 6601 DE ERICSSON EN
LA PROVINCIA DE HUANCAYO-PERÚ.

TEMA DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR LA BACHILLER

SIERRA NARRO MARISABEL

Villa El Salvador

2015

DEDICATORIA

A Dios y a mi madre

Que siempre dedico su vida y tiempo en mi bienestar, salud y educación. Y que a pesar de las dificultades aún permanece brindándome su gran amor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por siempre protegerme y darme pruebas que me enseñan a ser más fuerte cada día.

A mi madre (Judi Narro Palacios), que es mi fuerza y soporte en cada dificultad, y por darme siempre la mejor educación en valorar la vida y todo su hábitat.

A mis Tíos (Leoncio Narro Palacios, Ricardo Narro Palacios) que fueron y son la imagen paternal enseñándome a ser fuerte y responsable.

A mis tías (Asteria Narro Palacios, Cilas Narro Palacios) que me ayudaron siempre económicamente y brindaron sus consejos para ser una buena profesional.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	01
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	02
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	02
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	03
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	03
1.3.1. ESPACIAL.....	03
1.3.2. TEMPORAL	03
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	04
1.5. OBJETIVO	04
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	05
2.1. ANTECEDENTES.....	05
2.2. BASES TEÓRICAS	06
2.2.1. Sistema de Telefonía Celular	06
2.2.2. Definición de teléfono celular	08
2.2.3. Arquitectura general de una red telefónica móvil	09
2.2.4. Concepto de celda y su geometría.....	11
2.2.4.1. Distancia de re-uso	13
2.2.4.2. Reúso de Frecuencia	13
2.2.4.3. Asignación de Canales.....	15
2.2.5. Conceptos de Movilidad.....	17
2.2.5.1. Localización.....	17
2.2.5.2. Handover en la Red	18
2.2.6. Estandarización de las redes móviles	21
2.2.6.1. 3GPP.....	21
2.2.6.2. Estandarización del grupo 3GPP	23
2.2.7. Contexto Evolutivo de 3G a 4G.....	25
2.2.7.1. Motivo de origen de la Evolución.....	25

2.2.7.2. Revisiones Tecnológicas.....	27
2.2.8. Tecnología LTE.....	31
2.2.8.1. Objetivos	32
2.2.8.2. Introducción de la Red LTE	32
2.2.8.3. Arquitectura de E-UTRAN	33
2.2.8.4. Arquitectura General de LTE.....	35
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	38

CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED BASADA EN CAPACIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO CON TECNOLOGÍA LTE USANDO RBS 6601 DE ERICSSON EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO-PERÚ

3.1. Descripción del Proyecto.....	43
3.2. Ciudad de Huancayo	44
3.2.1. Evolución Demográfica	45
3.3. Atribución de frecuencias por el Estado Peruano.....	46
3.3.1. Regiones y zonas del mundo.....	47
3.3.2. Disposición y atribución de bandas de frecuencias para telefonía móvil.....	49
3.3.3. Detalle de bandas asignadas por el Estado Peruano	50
3.3.4. Espectro licitado por el Estado Peruano para 4G	52
3.3.5. Ultimas concesiones del Espectro	55
3.4. Descripción de Estaciones Bases.....	56
3.4.1. EBC Plaza Huancayo.....	56
3.5. Componentes y Equipos necesarios	63
3.5.1. Antena sectorial	63
3.5.2. RBS 6601.....	64
3.5.3. Transceivers/RRUS	66
3.5.4. Cable de energía DC	67
3.5.5. Grapas para F.O	68
3.5.6. Cable de F.O.....	68
3.5.7. Cable coaxial de 1/2"	69
3.5.8. Conectores para cable coaxial	69

3.6. Proceso de instalación de equipo 4G LTE en la estación Plaza Huancayo	70
3.6.1. Levantamiento de Información de la Estación Base	70
3.6.2. Armado de equipos 4G	71
3.6.3. Torque de los jumper con las RRU's y vulcanizado	72
3.6.4. Conexión de los cables de F.O y D.C	72
3.6.5. Ubicación de los nuevos breakers.....	73
3.6.6. Conexión del cable de Transmisión	74
3.6.7. Aterramiento de Equipos.....	75
3.6.8. Etiquetado de jumper, F.O y D.C	75
3.6.9. Toma fotos finales (calidad de instalación)	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	81
ANEXO 1: Distribución de equipos en sala existente.....	82
ANEXO 2: Distribución de equipos propuestos 4G	83
ANEXO 3: Datasheet de Antena Utilizada	84
ANEXO 4: Modo de instalación de las RRU's	86
ANEXO 5: Conectores para cable coaxial	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Arreglo hexagonal formado por 7 celdas, cada celda conforma un estación base.....	08
FIGURA 2.2: Evolución de los teléfonos móviles en los últimos 15 años	08
FIGURA 2.3: Arquitectura de una red de telefonía celular.	11
FIGURA 2.4: Área de una celda ideal celular.	11
FIGURA 2.5: Área geográfica con 3 canales de frecuencia y su distribución en áreas más pequeñas, donde cada uno usa solo un canal	12
FIGURA 2.6: Ejemplo de reuso de frecuencia, el sistema de referencia es u-v con 60°	13
FIGURA 2.7: Distancia entre los centros de dos celdas adyacentes.....	14
FIGURA 2.8: Distribución de los grupos de canales factor de reuso 7.	15
FIGURA 2.9: Factor de reuso de frecuencia $n=4$	16
FIGURA 2.10: Conmutación de un canal a otro (handover)	19
FIGURA 2.11: Diferencia entre handover soft y handover hard.	20
FIGURA 2.12: Evolución de la telefonía móvil hasta el 4G.....	22
FIGURA 2.13: Entidades que conforman al grupo 3gpp.	23
FIGURA 2.14: Evolución de los servicios 2g a 4g.	25
FIGURA 2.15: Arquitectura del release 99.	27
FIGURA 2.16: Arquitectura de la red WCDMA	29
FIGURA 2.17: Arquitectura de la red HSDPA.....	30
FIGURA 2.18: Evolución y actualización de HSPA+	31

FIGURA 2.19: Arquitectura de red de acceso E-UTRAN.	34
FIGURA 2.20: Arquitectura de red LTE.	36
FIGURA 2.21: Mecanismo de la interfaz aérea para transmitir datos.	38
FIGURA 3.1: Plaza constitución de Huancayo.	45
FIGURA 3.2: Atribución de bandas de frecuencias para regiones del mundo ..	48
FIGURA 3.3: Rango de la banda de frecuencia.	50
FIGURA 3.4: Ubicación de la estación base plaza Huancayo	56
FIGURA 3.5: Localización del centro comercial “constitución”	57
FIGURA 3.6: MU 2G y 3G 6601 existente instalada en rectificador HUAWEI.	57
FIGURA 3.7: MU 6601 3G existente, instalada en gabinete HUAWEI.	58
FIGURA 3.8: Antenas existentes 2G y 3G en estación base.	59
FIGURA 3.9: Conexión y energizado de equipos Ericsson.....	60
FIGURA 3.10: Existencia de módulos rectificadores en el gabinete rectificador	61
FIGURA 3.11: Espacio existente para el recorrido del cable de F.O y D.C	62
FIGURA 3.12: Diferencias entre antena direccional, sectorial y omnidireccional	63
FIGURA 3.13: Antena tribanda usada para cobertura LTE.	64
FIGURA 3.14: Unidad principal (MU) y unidad de radio remota (RRU)	65
FIGURA 3.15: Unidad principal (MU) con DUW.....	66
FIGURA 3.16: RRU'S para 4G de Ericsson	67
FIGURA 3.17: Modelos de cable para energizado en DC.	67
FIGURA 3.18: Grapas usadas para sujeción de F.O y DC.	68

FIGURA 3.19: F.O utilizada para la conexión de la mu.	69
FIGURA 3.20: Feerder de ½ o jumpers de ½ y conectores.	70
FIGURA 3.21: Materiales utilizados para TSS.	70
FIGURA 3.22: Armado y sujeción de la MU y las RRU's	71
FIGURA 3.23: Torque, encintado y vulcanizado de los jumper.	72
FIGURA 3.24: Conexión y sujeción de los cables de F.O y D.C.	73
FIGURA 3.25: Ubicación de nuevo BY PASS para 4G.	74
FIGURA 3.26: Conexión del cable de Transmisión.	74
FIGURA 3.27: Aterramiento de equipos	75
FIGURA 3.28: Conexión F.O y energía..	76
FIGURA 3.29: Etiquetado de F.O y D.C.	77
FIGURA 3.30: Instalación completa 4G en mástil.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 2.1: CRECIMIENTO DEL USO DEL TELÉFONO CELULAR EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.....	09
TABLA N° 2.2: REVISIONES DE 3GPP.	24
TABLA N° 2.3: EVOLUCIÓN EN LA VENTA DE TELÉFONOS INTELIGENTES	26
TABLA N° 3.1: MUESTREO DE ESTACIONES BASE DESIGNADAS POR TDP.	44
TABLA N° 3.2: GRAFICO DE LA EVOLUCIÓN POBLACIONAL EN LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS.	46
TABLA N° 3.3: NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS Y DE LAS LONGITUDES DE ONDA EMPLEADAS EN LAS RADIOCOMUNICACIONES.	47
TABLA N° 3.4: BANDAS DE 824 – 849 MHZ Y 869 – 894 MHZ	51
TABLA N° 3.5: BANDAS DE 899 – 915 MHZ Y 944 – 960 MHZ	51
TABLA N° 3.6: BANDAS 1 850 – 1 910 MHZ Y 1 930 – 1 990 MHZ.....	51
TABLA N° 3.7: BANDAS 1 710 – 1 770 MHZ Y 2 110 – 2 170 MHZ.....	52
TABLA N° 3.8: BLOQUES LICITADAS POR EL ESTADO PERUANO.	52
TABLA N° 3.9: ASIGNACIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS PARA BRINDAR SERVICIOS PÚBLICOS DE ACCESO A INTERNET.	54
TABLA N° 3.10: MEDIDA NECESARIA PARA EL ENERGIZADO DE LOS EQUIPOS 4G.	61

INTRODUCCIÓN

La tecnología no ha dejado de evolucionar y se ha desarrollado en mayor cantidad y mejores características hasta el punto de llegar a la cuarta generación (4G), esta generación abarca tanto la tecnología WIMAX y la LTE, siendo esta ultima la tecnología que prevalece hoy en día y del cual trataré;

Actualmente en nuestro país se viene implementando dicha tecnología, caracterizada por brindar solución a las necesidades de los usuarios sobre banda ancha móvil, uso de aplicaciones, Tv móvil, web 2.0, entre otros.

Hasta hace 4 años la tecnología UMTS era la que prevalecía y abarcaba más del 80% de los abonados móviles, hoy en día la tecnología LTE 3GPP quiere garantizar una ventaja competitiva en calidad y capacidad de servicio sobre otras tecnologías móviles, de esta manera se diseña un sistema capaz de mejorar la experiencia del usuario con mayor movilidad y versatilidad usando el protocolo IP, realizando cualquier tipo de tráfico de datos de extremo a extremo con una buena calidad de servicio(QoS), de igual manera el tráfico de voz, mediante voz IP.

La función principal de LTE en comparación con las actuales tecnologías, es conseguir un mejorado uso del espectro radioeléctrico, LTE será de gran importancia en el uso de internet móvil y soportara la transmisión de datos de 300m y videos de alta definición (HD) siendo una gran ventaja ya que la velocidad excederá 10 veces más velocidad que 3G, en pocas palabras brindara una conexión de datos que descargue y cargue a mayor velocidad que lo ofrecido hoy, además se busca minimizar los costos de los fabricantes y operadores.

EL AUTOR

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente en el Perú, existe la telefonía móvil, brindada por los operadores (TELEFÓNICA DEL PERÚ, ENTEL, AMERICATEL Y BITEL), esta tecnología existente facilita la comunicación entre los usuarios, los estándares 2G y 3G, brindan una determinada capacidad para la transmisión y recepción de los paquetes enviados, asimismo estas operadoras deben brindar conectividad a internet, y si bien las redes ADSL brindan internet a los diferentes usuarios, la importancia de que se cubra grandes espacios y en algunos casos la zona geográfica es un inconveniente para acceder a ella, ya que se hace difícil la cobertura y los obstáculos no permiten la entrega de los servicios, es por ello que se recurre al acceso por internet móvil, esta se convierte en una posible solución ante este problema de conectividad.

Pero las tecnologías de acceso a Internet móvil, presentan deficiencias en lo referente al rendimiento de la velocidad que se les otorga a los usuarios finales. Pero para suplir estas falencias, la red de transporte debe cumplir ciertos parámetros de técnicos.

De esta manera, la solución a este problema es LTE, quien propone solución en cuanto a la conectividad y a la velocidad de transmisión. Y es por este motivo, que el presente trabajo de título necesita conocer a cabalidad los requerimientos técnicos de una red LTE, junto con la red de transporte o backhaul.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El propósito de la implementación LTE es que brindara a los usuarios una alta velocidad de transmisión de hasta 100Mbps con una arquitectura de red capaz de soportar plenamente IP con un menor tiempo de LATENCIA, es decir podrán los usuarios finales acceder a internet con una velocidad mayor a la que se viene dando sin grandes pérdidas ni retardos en la red.

La ciudad de Huancayo es una de las provincias con mayor población, al mismo tiempo es uno de los centros que mantiene mayor comercio con la capital del Perú, es por ello que TELEFONICA DEL PERU, seleccionó esta población luego de hacer un estudio minucioso de factibilidad, demanda y necesidad de acceder a internet mediante un teléfono móvil, por tanto LTE cumple con los requisitos de mantener una comunicación a una mayor velocidad y con una buena QOS (calidad de servicio).

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Espacial: se llevara a cabo en el departamento de Junín, en la provincia de Huancayo, siendo escogidas y designadas las estaciones bases por TDP (TELEFÓNICA DEL PERÚ).

1.5.2. Temporal: Comprende el periodo de setiembre 2014 a Noviembre del 2014.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A medida que la necesidad de obtener una mayor velocidad de transmisión en el envío y recepción de datos de telefonía móvil, así como el acceder a internet, se opta por recurrir a un nuevo estándar, y es ahí donde se formula la pregunta ¿Porque utilizar el estándar LTE, qué ventajas tiene en comparación con otros estándares para ser designado en la implementación de los sites ubicados en la ciudad de Huancayo-Perú?

1.5. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES:

implementar la tecnología 4G LTE en la estación PLAZA HUANCAYO perteneciente a la operadora TELEFÓNICA DEL PERÚ en la ciudad de HUANCAYO-JUNÍN.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer las características de la tecnología 4G.
- Describir los equipos que proporciona la transnacional empresa ERICSSON para la instalación 4G.
- Describir el modo de implementación, características estándar y calidad bajo la cual trabaja la empresa ERICSSON.

CAPITULO II

2. Marco de Referencia Teórico y Conceptual

2.1. ANTECEDENTES

A medida de mi investigación, encontré algunos temas de TESIS que sirvieron para aclarar y profundizar el presente trabajo.

FERNÁNDEZ L. (2012). “estudio de la calidad de servicio de las redes móviles en el PERÚ”, este tema de tesis consiste en el estudio y gestión de la calidad de servicio de las redes móviles que existen en nuestro país así como los parámetros que usan, además de identificar y describir los problemas que se presentan con estas tecnologías. Además de demostrar la obtención de los indicadores de calidad que se presentan a OSIPTEL, basada en las recomendaciones de la UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, fin de este tema de tesis es plantear una nueva forma de optimizar la red basada en la mejora de esos indicadores comparando los diferentes operadores nacionales.

CHAVARRIA G. (2011). “Requerimientos de parámetro para transporte de redes LTE”, esta tesis describe datos básicos y antecedentes de la tecnología LTE, con el fin de aprovechar la potencialidad en la transmisión de datos a múltiples usuarios a una alta tasa de transferencia, compitiendo con las ISP conocidas. El fin de este proyecto es brindar información de la tecnología LTE, estableciéndose ejemplos de implementación de redes para garantizar

una mejor experiencia en el servicio hacia el usuario.

TRUJILLO H. (2010). "Participación en la optimización de una red UMTS", El objetivo de este documento es, explicar los procedimientos, metodologías, herramientas y conocimientos que se han empleado para llevar a cabo la optimización de la red UMTS de Claro en Jamaica.

En el documento se mostró con ejemplos tomados de la red en funcionamiento, tanto antes como después de ser lanzada comercialmente, el procedimiento completo para lograr la aceptación de la red en la parte de RF y KPI.

CAPRILES R. (2008). "Optimización de la zona centro-Norte de la red GSM de un operador móvil en lima a nivel de radio", el informe de tesis descrito, busca diseñar el trabajo de optimización de la red GSM y realizar ejemplo que demuestren la veracidad del informe, para ello se tomó un grupo de estaciones bases de algún operador seleccionado, además del estudio teórico de la tecnología GSM sus partes y funcionamiento, en conclusión el editor de este tema buscaba explicar los parámetros de esta tecnología y como obtener la optimización.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMA DE TELEFONÍA CELULAR

El uso de las frecuencias de ondas de radio electromagnéticas permite las telecomunicaciones y por tanto la comunicación celular, siendo hoy en día la tecnología más usada en nuestro país.

El concepto de sistema celular consiste en un sistema basado en varios niveles de células: un transmisor de gran potencia (célula grande) con muchos transmisores de baja potencia (células pequeñas), cada uno proporcionando cobertura a solo una pequeña porción del área de servicio.

A cada radio base se le asigna una porción del número total de canales disponibles en el sistema completo, y a las radios bases cercanas se les asigna diferentes grupos de canales de forma que los canales disponibles son asignados en un número relativamente pequeño de radio bases vecinas.

A las radio bases vecinas se les asigna diferentes grupos de canales de forma que las interferencias entre las radio bases (y entre los usuarios móviles bajo su control) se reducen. Espaciando sistemáticamente las radios bases y sus grupos de canales a través de un mercado, los canales disponibles se distribuyen a través de una región y pueden ser rehusadas tantas veces como sea necesario, siempre que la interferencia entre radio bases con el mismo canal se mantenga por debajo de unos niveles aceptables.

Sin embargo el tamaño de las células pueden variar mucho dependiendo del lugar donde se encuentre.

Las estaciones base se separan entre 1 a 3k en zonas urbanas, aunque en lugares rurales la separación puede llegar hasta 35km.

En lugares densamente poblados en donde la distancia de separación de la células es grande, o presenta obstáculos como (edificios altos), pueden interferir en el envío de la señal entre las células, es por ello que en estos edificios se instalan micro células que permiten mantener e incrementar la capacidad general de la red, debido a que los teléfonos celulares y las estaciones base utilizan transmisores de baja potencia, las mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en células no adyacentes.

Cada celda en un sistema análogo utiliza un séptimo de los canales de voz disponibles. Eso es, una celda, más las seis celdas que la rodean en un arreglo hexagonal, cada una utilizando un séptimo de los canales disponibles para que cada celda tenga un grupo único de frecuencias y no haya colisiones entre células adyacentes.

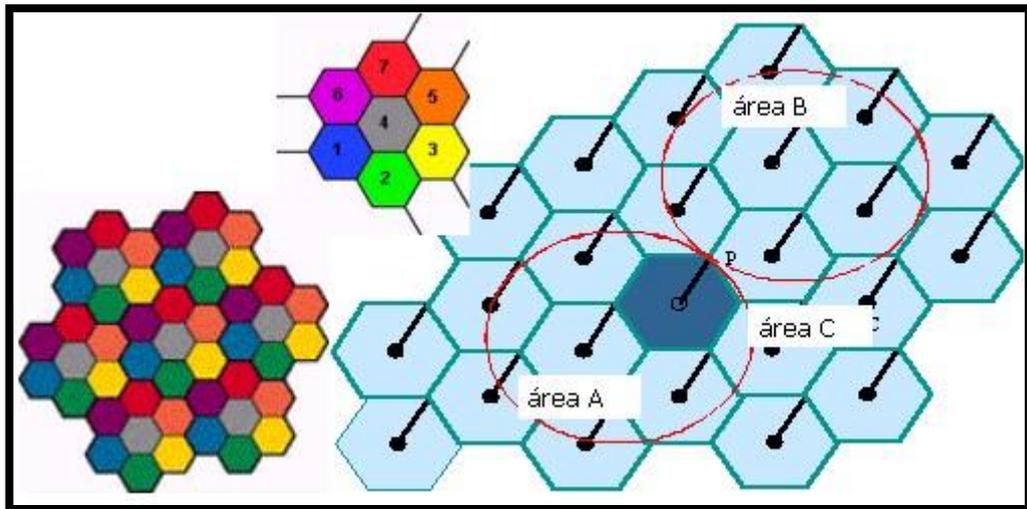


FIGURA 2.1: ARREGLO HEXAGONAL FORMADO POR 7 CELDAS, CADA CELDA CONFORMA UN ESTACIÓN BASE.

2.2.2. DEFINICIÓN DE TELÉFONO CELULAR

El teléfono celular es un dispositivo inalámbrico electrónico que permite tener acceso a la red de telefonía celular o móvil. Su denominación corresponde a que en muchos países latinoamericanos su servicio funciona mediante una red de celdas, donde cada antena repetidora de señal es una célula. Su principal característica es su portabilidad que permite comunicarse desde casi cualquier lugar. Su principal función es la comunicación de voz.



FIGURA 2.2: EVOLUCIÓN DE LOS TELÉFONOS MÓVILES EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS.

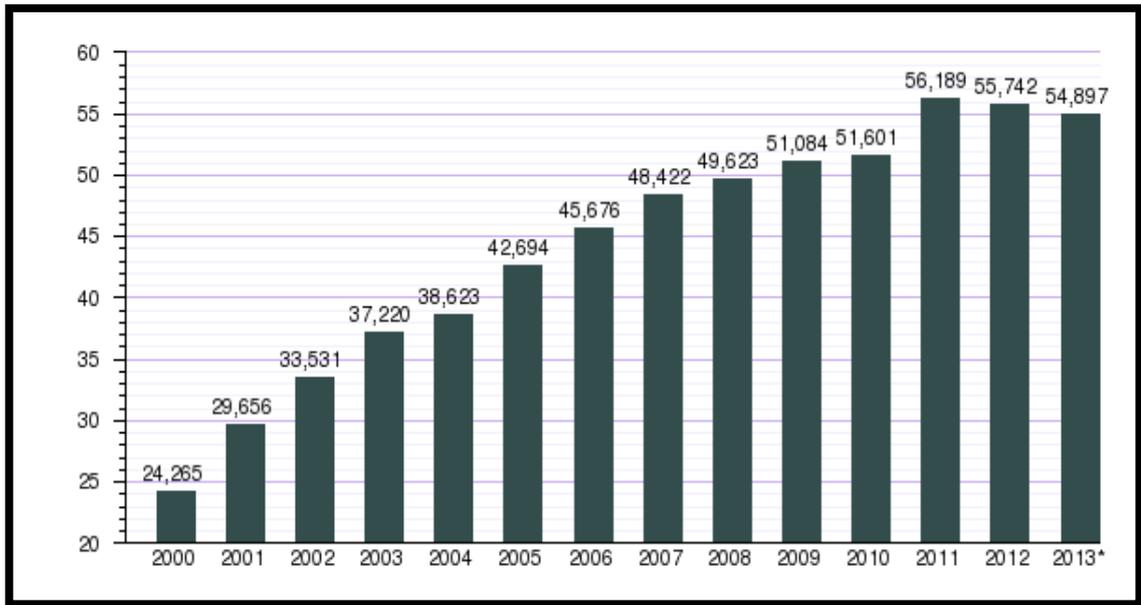


TABLA N° 2.1: CRECIMIENTO DEL USO DEL TELÉFONO CELULAR EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.

2.2.3. ARQUITECTURA GENERAL DE UNA RED TELEFÓNICA MÓVIL

En una red telefónica general, el establecimiento de los elementos presentados son el fundamento para que la red opere, en caso se ausentara uno de ellos, la red no opera, los componentes que los definen son el siguiente:

- a. **Estaciones Móviles (MS).** Conocida también como EM, se le denomina así a la terminal utilizada por el usuario para poder enlazar una comunicación telefónica dentro de la red. esta puede cambiar de posición geográfica y periódicamente.

El desplazamiento es registrado por el sistema APRS gracias a que los datos referentes a sus coordenadas varían en el lapso de una o más tramas; además de latitud y longitud, la trama de una estación móvil puede contener otros datos tales como rumbo, velocidad y altura.

Está formado por el terminal telefónico y una tarjeta inteligente conocida por el nombre de SIM (Subscriber Identity Module- Identificación del Abonado). La tarjeta SIM almacena los datos del usuario, lo que permite a este comunicarse independientemente del terminal que utilice.

- b. Estaciones Base (BS).** Conocida también como EB, es una estación de transmisión y recepción situada en un lugar fijo, compuestas de una o más antenas de RX/TX, una antena microondas, y un conjunto de circuitos electrónicos, y utilizada para manejar el tráfico telefónico. Actúa como puente entre todos los usuarios de móviles de una misma célula y conecta las llamadas de los móviles con la central de conmutación.
- c. Estaciones de control (BSC).** Conocida también como EBC. Es la estación que se encarga de controlar un grupo de estaciones base, en relación con su potencia y las transferencias de llamadas en curso de un canal a otro, normalmente como resultado del movimiento de una estación móvil de una célula a otra. Su función principal es la de gestionar y dar mantenimiento del servicio. La interfaz entre una EB y la BSC se denomina interfaz ABIS.
- d. Estaciones de conmutación (MSC).** es una sofisticada central telefónica la cual proporciona conmutación de llamadas, administración de movilidad y servicios como tx de vox, datos, así como servicios de mensajes. Es el componente que realiza las funciones de portar y administrar las comunicaciones entre teléfonos móviles y la Red Conmutada de Telefonía Pública (PSTN) para una red. es mantenida por los operadores de telefonía móvil y permite a los teléfonos móviles establecer comunicación unos a otros dentro y/o fuera de su propia red. La interfaz entre una BSC y una MSC se denomina interfaz A.

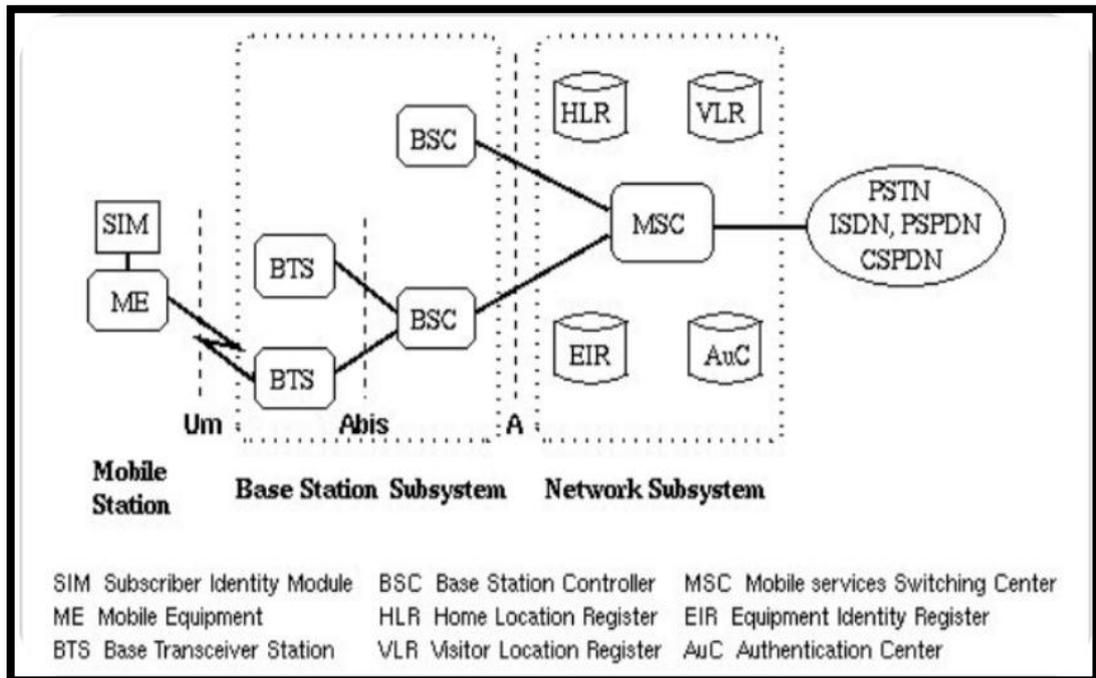


FIGURA N° 2.3: ARQUITECTURA DE UNA RED DE TELEFONÍA CELULAR.

2.2.4. CONCEPTO DE CELDA Y SU GEOMETRÍA

En una red celular el área total a cubrir se divide en celdas hexagonales. Se seleccionó la geometría celular ya que es la única que permite cubrir un área sin dejar espacios vacíos y sin que exista superposición entre ellas. En la practica el área de cobertura de una celda es totalmente irregular pero siempre alrededor de punto de ubicación de la estación base.

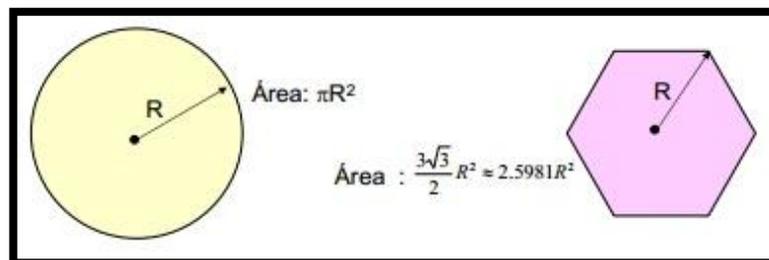


FIGURA N° 2.4: ÁREA DE UNA CELDA IDEAL CELULAR.

El área de la celda es un parámetro que tiene mucha influencia en los cálculos de tráfico. Si la celda esta sectorizada se calcula el área de cada sector, la cual es igual al área de la celda dividida entre la cantidad de sectores.

- a. DISTANCIA DE REUSO: el radio de cobertura es limitado a distancias de alguno Km o cientos metros (dependiendo de la frecuencia) es necesario desplegar muchas radios bases a fin de cubrir todo el área. Dependiendo de las tecnologías y de las condiciones de propagación, las frecuencias que se usan en una celda podrán no usarse en las celdas vecinas.

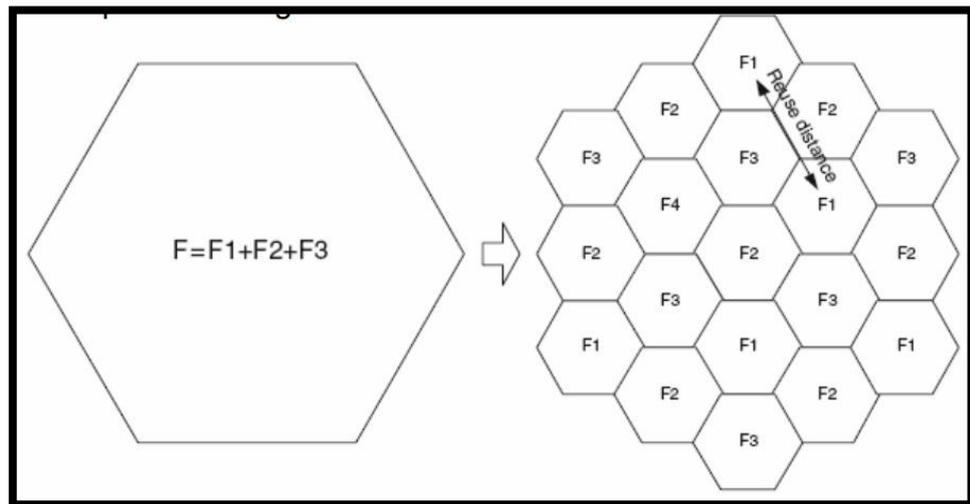


FIGURA N° 2.5: ÁREA GEOGRÁFICA CON 3 CANALES DE FRECUENCIA Y SU DISTRIBUCIÓN EN ÁREAS MAS PEQUEÑAS, DONDE CADA UNO USA SOLO UN CANAL.

Esta estructura permite obtener mayor capacidad; entonces una técnica para aumentar la capacidad consiste en dividir el área en áreas más pequeñas, no así dividiéndolo continuamente.

- b. REUSO DE FRECUENCIA: el reuso de frecuencia permite reutilizar canales de frecuencia en distintas zonas geográficas y garantizar un nivel de interferencia adecuado. A fin de determinar la distancia mínima en la cual se puede volver a utilizar los canales, se introduce un sistema de referencia U-V con un ángulo de 60° entre los ejes, tal como se muestra.

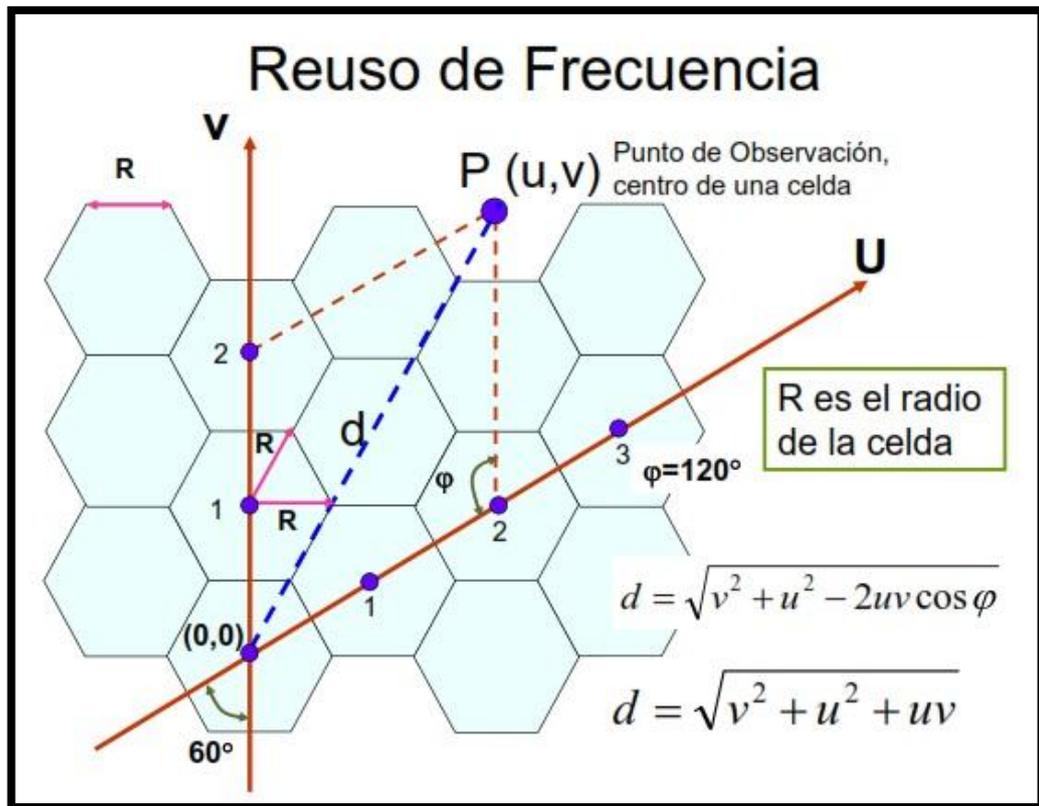


FIGURA N° 2.6: EJEMPLO DE REUSO DE FRECUENCIA, EL SISTEMA DE REFERENCIA ES U-V CON 60°.

Las celdas que usan los mismos canales se denominan celdas co-canales y las que están una al lado de la otra se llaman celdas adyacentes y usan canales diferentes, salvo en caso de reuso de numeración 1.

La distancia entre dos centros de celdas, según U o según V, se normaliza a la distancia de separación.

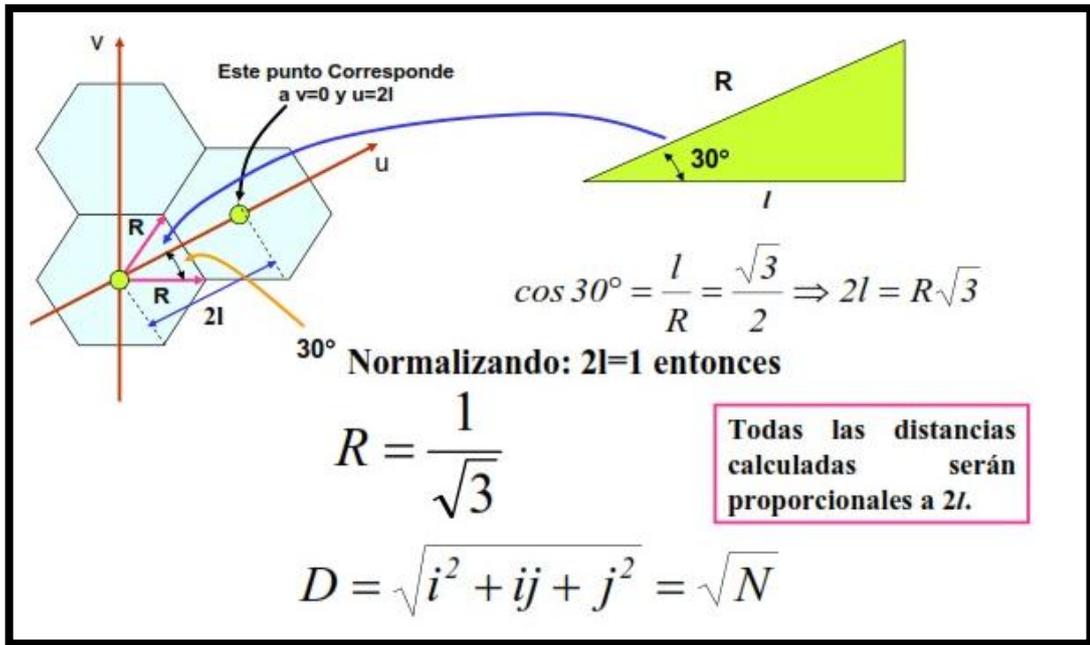


FIGURA N° 2.7: DISTANCIA ENTRE LOS CENTROS DE DOS CELDAS ADYACENTES.

La localización de las celdas co-canales se hace por medio de los parámetros de corrimiento (i,j) : i es el número de celdas en la dirección de u , y j el número de celdas en la dirección v . tanto i como j se miden desde el centro de una celda al de otra, por lo tanto son valores enteros y múltiplos de $2l$.

N es el factor de reuso de frecuencia, es decir una celda co-canal la encontraremos a una distancia $D = N^{1/2}$, en el sistema de coordenadas u,v .

Mientras mayor es el factor de reuso de frecuencia, mayor es la separación entre celdas co-canal y menor es la interferencia, pero se tiene menor capacidad, o se deben tener más espectro para mantener una capacidad dada.

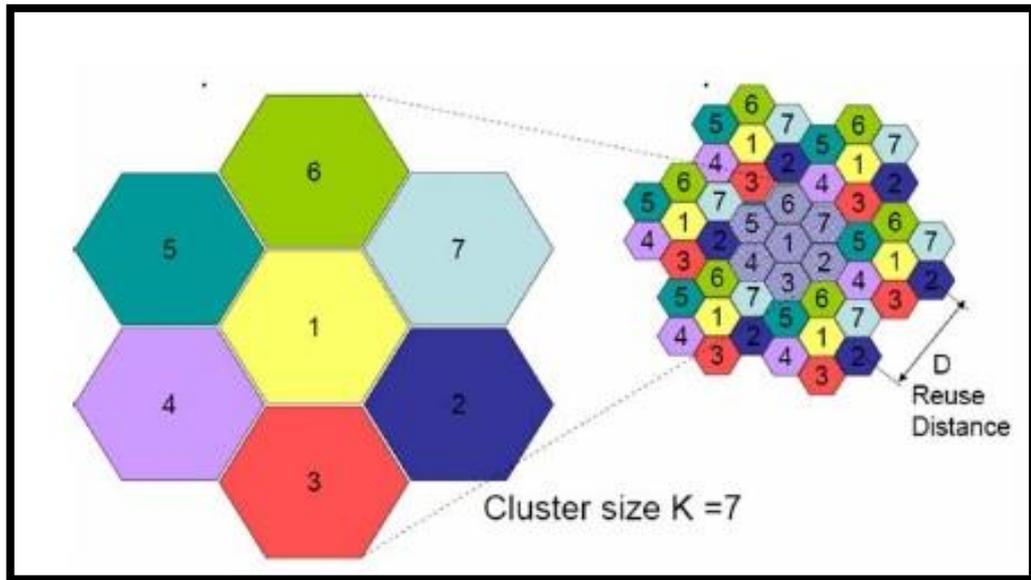


FIGURA N° 2.8: DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS DE CANALES FACTOR DE REUSO 7.

El reuso universal de frecuencia igual a 1, significa que todas las celdas usan las mismas frecuencias. En este caso cada una de las celdas cubren una geografía, regional o nacional, usan las mismas frecuencias, por lo que se necesitan equipos que puedan trabajar bajo esas condiciones. Tanto WIMAX, EVDO y UMTS usan factor de reuso universal.

c. ASIGNACIÓN DE CANALES:

Para la utilización eficiente del espectro de radio, se requiere un sistema de reutilización de frecuencias que aumente la capacidad y minimice las interferencias. La elección de la estrategia de asignación de canales va a imponer las características del sistema, en cómo se gestionan las llamadas cuando un usuario pasa de una celda a otra, este proceso se denomina handover.

En general si tenemos C canales disponibles y el reuso de frecuencia es N, entonces, entonces cada celda tendrá $k=C/N$. el tamaño del cluster es N.

Y en cada cluster habrán los C canales. Cada vez que se genera un nuevo cluster se aumenta la capacidad:

$$\text{Capacidad_total} = \#\text{cluster} \cdot C.$$

En el caso aquí mostrado la capacidad es de $4 \times 20 = 80$ canales, debido a que existe 4 clusters.

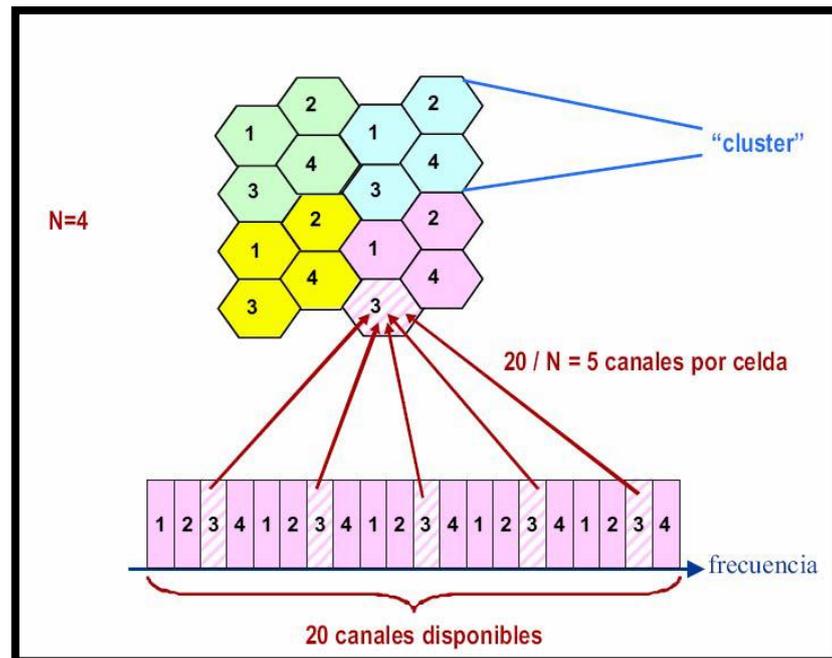


FIGURA N° 2.9: FACTOR DE REUSO DE FRECUENCIA $N=4$.

En el ejemplo mostrado cada cluster tiene 4 celdas; si en total se disponen de $c=20$ canales entonces a cada celda le corresponde $20/N=5$ canales.

Si el factor de reuso de frecuencias es N , entonces la banda asignada a un operador, se subdivide en N grupos de canales según el ancho de banda de la tecnología utilizada.

Los canales que forman un grupo están separados por un valor fijo en frecuencia, múltiplo del ancho de banda de la señal.

La razón de esta separación, es para minimizar la interferencia por canal adyacente que puedan generarse.

2.2.5. **CONCEPTOS DE MOVILIDAD**

- a. **LOCALIZACIÓN.** A diferencia de una red fija que puede encaminar una llamada hacia un usuario fijo simplemente sabiendo su dirección de red (número telefónico), dado que el conmutador local, al cual se conecta directamente la línea de abonado, no cambia; en un sistema celular la celda en la que se debe establecer el contacto con el usuario cambia cuando este se mueve.

Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil, y después el sistema debe determinar en qué celda está actualmente. En la práctica se usan tres métodos diferentes para tener que cumplir el concepto de movilidad.

En el primer método, el equipo móvil indica cada cambio de celda a la red, la cual, se le llama actualización sistemática de la localización al nivel de celda. Cuando llega una llamada, se necesita enviar un mensaje de búsqueda solo a la celda donde está el dispositivo móvil, ya que, esta es conocida.

Un segundo método sería enviar un mensaje de página a todas las celdas de la red cuando llega una llamada, evitándonos así la necesidad de que el móvil este continuamente avisando a la red de su posición.

El tercer método introduce el concepto de áreas. Un área de localización, es un grupo de celdas en que cada una de ellas pertenece a un área de localización simple. La identidad del área de localización a la que una celda pertenece se les envía a través de un canal de difusión ("BROADCAST") permitiéndoles a los equipos móviles saber el área de localización en la que están en cada momento. Cuando un equipo móvil cambia de celda se pueden dar dos casos: ambas celdas están en la misma área de

localización: el equipo móvil no envía ninguna información a la red; las celdas permanecen a diferentes áreas de localización: el equipo móvil informa a la red de su cambio de área de localización.

b. HANDOVER EN LA RED

En el modo dedicado, y en particular cuando una llamada esta en progreso, la movilidad del usuario puede inducir a la necesidad de cambiar de celula servidora, en particular cuando la calidad de la transmisión cae por debajo del umbral.

Con un sistema basado en células grandes, la probabilidad de que ocurra esto es pequeña y la perdida de una llamada podría ser aceptable. Sin embargo, si queremos lograr grandes capacidades tenemos que reducir el tamaño de la célula, con el mantenimiento de las llamadas es una tarea esencial para evitar un alto grado de insatisfacción en los abonados.

Uno de los objetivos del sistema celular es mantener a un usuario en contacto, incluso si este se mueve a través del sistema. Cuando un usuario se mueve del área de cobertura definida de una célula a otra, el sistema debe proveer la capacidad de mantener al usuario aunque se rompa la conexión establecida con una radio base y se establezca otra conexión con otra radio base. Esta operación es llamada handover o handoffs, lo cual requiere más recursos del sistema para soporte y coordinación. Handover es una forma de movilidad. Este proceso requiere primero algunos medios para detectar la necesidad de cambiar de celula mientras estamos en el modo dedicado (preparación del handover), y después se requieren los medios para conmutar una comunicación de un canal en una célula a otro canal en otra célula, de una forma transparente al usuario, es decir, que no se percate del cambio.

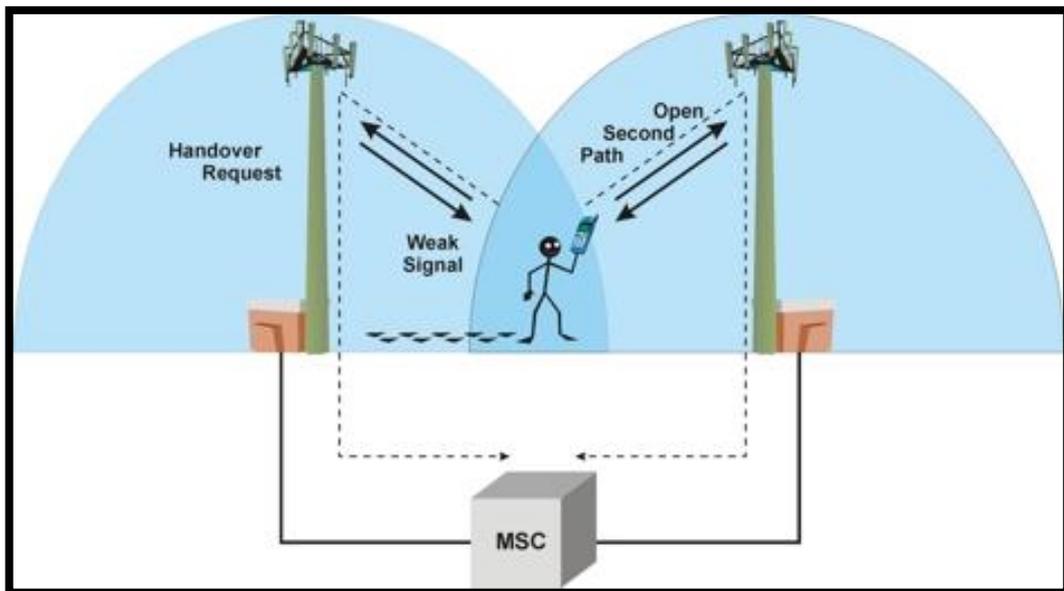


FIGURA N° 2.10: CONMUTACIÓN DE UN CANAL A OTRO (HANDOVER)

El handover en un sistema celular se realiza de dos maneras. **Handover duro (hard)** es cuando la conexión entre el móvil y su servidor inicial (radio base) permanece momentáneamente antes de reconectar al móvil con una nueva radio base. Este es el método tradicional usado en los sistemas celulares existentes, porque requiere de menos procesamiento por parte de la red para seguir proveyendo servicio, aunque este cause una interrupción momentánea en la recepción, la cual es algunas veces notable al usuario.

El segundo método es el handover suave (soft), en el cual dos radio bases están simultáneamente conectadas por un periodo corto de tiempo con el móvil durante el handover. Tan pronto como el enlace de RF del móvil con la nueva radio base sea aceptable, la radio base inicial se desprende del móvil. Se emplean diversas técnicas al final de los dos enlaces para asegurar un handover suave, el cual es transparente al usuario.

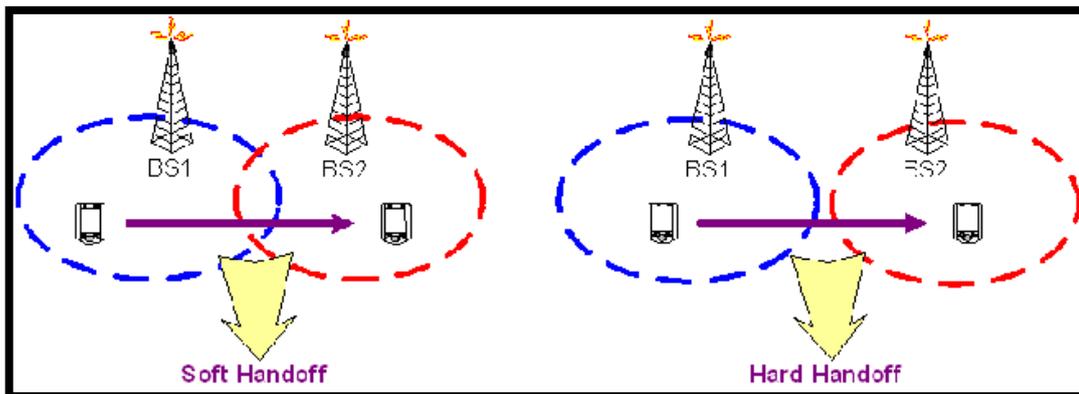


FIGURA N° 2.11: DIFERENCIA ENTRE HANDOVER SOFT Y HANDOVER HARD.

También se puede clasificar a los handover como controladores asistidos por la red o el móvil. Un handover controlado por la red es calificado como un BCHO (BASE –CONTROLLED HANDOVER) controlado por la radio base.

Un handover MCHO (MOVIL- CONTROLLED HANDOVER) controlado por el móvil es menos usado en sistemas de voz, pero más usado en CDPD (celular digital packet data) por el modo de transmisión de ráfaga empleado en móviles CDPD.

El proceso de handover es complejo como cualquiera de las técnicas que se emplee. Se usa un algoritmo de decisión para determinar cuándo debe ocurrir un handover, basado en factores como el nivel de potencia recibida y la calidad de la señal(coeficiente de error de bit- bit error rate- o tono supervisor-supervisory tone), una vez que los valores predeterminados de umbral han sido excedidos, indicando que se ha llegado a la orilla de la cobertura de la célula, se debe también decidir de donde recibirá servicio el móvil.

La célula marcada para handover es determinada por medidas de RF diseñadas para minimizar la interferencia asociada con consideraciones de capacidad tales como la necesidad de balance de carga, disponibilidad de canales desocupados (IDLE), etc. Todas las decisiones para el handover deben ser rápidas, porque el usuario puede estar movilizándose con rapidez. Esta necesidad de decisiones rápidas de handover se acentúa más en células

con tamaños decrecientes usadas en áreas urbanas. Los requerimientos para handover's rápidos solo pueden ser reunidos con un nivel suficiente de procesamiento y capacidad de señalización.

Es importante evitar handover innecesarios e indeseados. El sistema debe distinguir entre un movimiento del área de cobertura de una célula a otra y un móvil moviéndose a la franja del área, donde la recepción de RF es pobre. Se ha desarrollado algoritmos inteligentes que involucran cronómetros, control de potencia e histéresis para reducir el número de handover's innecesarios.

2.2.6. ESTANDARIZACIÓN DE LAS REDES MÓVILES

2.2.6.1. 3GPP (3rd Generation Partnership Project)

Más conocido como “asociación de proyectos de tercera generación”.

Es un grupo formado en 1998, con la finalidad de desarrollar especificaciones técnicas de las redes móviles, basándose en la tecnología padre, GSM, para luego formar el estándar UMTS, correspondiente a 3G, llegando actualmente a definir la estandarización LTE, como tecnología de 4G, dejando atrás a WCDMA HSDPA y HSPA+. El impacto que tuvo GSM a nivel mundial, incluyendo al PERU, permitió el mejoramiento y constante actualización, logrando que muchas empresas operadoras de servicios de telefonía móvil adoptaran los estándares impulsados por 3GPP actualmente.

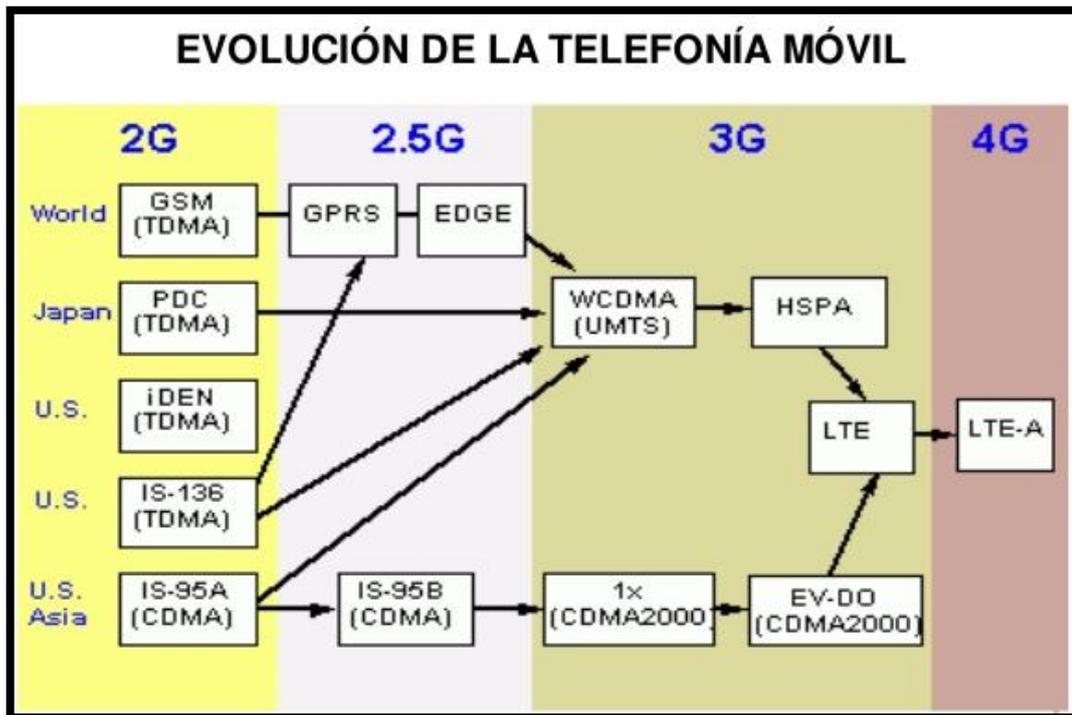


FIGURA N° 2.12: EVOLUCION DE LA TELEFONIA MOVIL HASTA EL 4G.

El 3GPP se estableció mediante la fusión de otras entidades estandarizadas, tales como ARIB (Japón), ETIS (Europa), T1P1 (EE.UU), pero a futuro la T1P1 se pasó a llamar ATIS. Luego en 1999 la entidad China CWTS se inició, aportando con la tecnología TD-SCDMA, basado en TDD, la cual el transmite el tráfico “Up link” (UL) y “Down link (DL)” sobre diferentes ranuras de tiempo de la misma trama. Con el tiempo la organización China CWTS, paso a llamarse CCSA. De esta manera quedo conformada la 3GPP.



FIGURA N° 2.13: ENTIDADES QUE CONFORMAN AL GRUPO 3GPP.

A finales de 1999, la 3GPP enfocada en los aspectos técnicos y con el fin de crear un estándar común entre los miembros, crearon la primera especificación sobre las redes de telefonía 3G, denominada “Release 99”. Este lanzamiento fue la que sentó las bases de las futuras redes telefónicas (HSPA, HSPA+ y LTE) basadas en GSM, tomando en cuenta la transferencia de tráfico de alta velocidad en la conmutación de circuitos y paquetes de datos.

2.2.6.2. ESTANDARIZACIÓN DEL GRUPO 3GPP

Los procesos de estandarización se establecen en una revisión anual denominada “Release”, ofreciendo a los desarrolladores una plataforma estable para la implementación y para permitir la adición de nuevas características que requiere el Mercado.

La información que contiene los “Release”, son completos y detallados para dar una idea de cómo funciona la industria de la telefonía móvil. Dentro de la información que contienen, abarca desde la interfaz aérea, la red central, codificación de voz, entre otras características.

Versión	Año de lanzamiento	Descripción
Release 99	2000	Especifica la primera red 3G UMTS, incorporando una interfaz de aire CDMA
Release 4	2001	Se incorpora nuevas características, como soporte de servicios de mensajería multimedia, como también en la red del núcleo (Core Network) pasa ser todo IP (Internet Protocol)
Release 5	2002	Se introduce el concepto de IMS (IP Multimedia Subsystem), el permite la transmisión eficiente de IP en los datos de multimedia en las redes móviles, empleando la conmutación de paquete de IP y el protocolo SIP. Se introdujo la tecnología HSDPA, que permite la optimización del espectro en el canal descendente, con el objetivo de alcanzar velocidades de baja hasta 14 Mbps (valor teórico máximo)
Release 6	2004	Se agrega la tecnología HSUPA (Hight Speed Uplink Packet Access) que ofrece una mejora sustancial en la velocidad para el tramo de subida, desde el terminal móvil hacia la red, entregando una alta tasa de transferencia de subida hasta 7.2 Mbps. También se adiciona el servicio MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service), permite la entrega eficiente de los servicios de broadcast y multicast para la difusión en varias celdas en una frecuencia única, logrando así la entrega de servicios de radiodifusión (Push To Talk) y TVMovil.
Release 7	2007	Se centra en la disminución de la latencia, mejora de calidad de servicio y aplicaciones en tiempo real como VoIP. Esta especificación también se centran en HSPA + (Evolved High Speed Packet Access), el protocolo SIM de alta velocidad.
Release 8	2008	Corresponde al primer lanzamiento oficial de LTE, utilizando una red 100% IP. Se agregan nuevas características, como la multiplexación por OFDMA. Se suma la mejora de antenas múltiples. Aparece una nueva arquitectura, formada por EPS (Evolved Packet System), RNC (Radio Network Controller) y el eNodeB.
Release 9	2009	Mejoras en el SAE (System Architecture Evolution). Se define la interoperabilidad WiMAX y LTE. Se establece el Dual-celular HSDPA con MIMO.
Release 10	2011	LTE Advanced cumplimiento de los requisitos de IMT 4G avanzada. Compatible con la versión 8 (LTE). Multi-celular HSDPA (4 operadores).
Release 11	2012	La interconexión IP avanzado de los Servicios. Servicio de interconexión entre los operadores nacionales capa / operadores, así como otros proveedores de aplicaciones de otros fabricantes. Contenido sigue abierta (a partir de abril de 2011).

TABLA N° 2.2: REVISIONES DE 3GPP.

2.2.7. CONTEXTO EVOLUTIVO DE 3G A 4G

2.2.7.1. MOTIVOS DE ORIGEN DE LA EVOLUCIÓN

Es importante destacar que LTE es una evolución en base GSM (2G) y no se describirá concepto alguno a esta tecnología ya que estas redes están pensadas básicamente al tráfico de voz, en cambio 3G está orientado al tráfico de datos, principalmente al acceso de internet en los equipos móviles, permitiendo a las operadoras a competir contra otras dentro del marco de las telecomunicaciones, la internet fija o de acceso a ADSL.

“hasta un 60% del tráfico de datos de los móviles lo generan los usuarios que ven video en sus teléfonos”, a esto se debe a que actualmente existe una convergencia de protocolo IP, permitiendo la trasmisión de múltiples servicios como imágenes, música, video, video y datos.

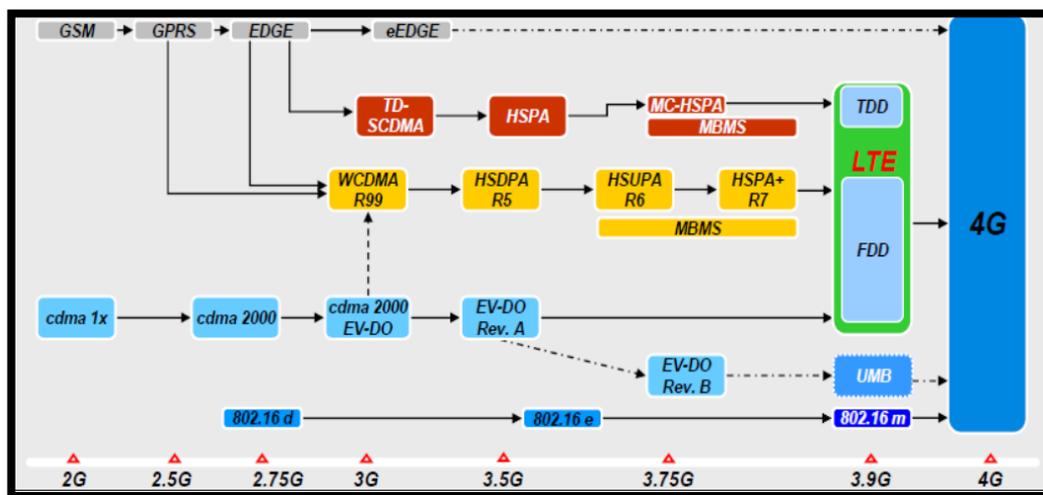


FIGURA N° 2.14: EVOLUCIÓN DE LOS SERVICIOS 2G A 4G.

Es así que parte UMTS en el año 2000, estableciendo con WCDMA como interface aérea para la utilización eficiente del espectro, estableciendo un puente entre 2G y 3G, para el cual entrega una velocidad máxima de 2Mbps.

En el 2004 se realiza una evolución de la especificación de UMTS, la cual se integra TD-SCDMA, conocida como tecnología CDMA síncrona por división en el tiempo; dicha especificación se denominó “reléase 4”.

En el 2002 se instaure el “reléase 5” agregando paquete de datos a los servicios UMTS, alcanzando una tasa de transmisión de 14Mbps, dicha tecnología fue una base para las operadoras ya que se logró integrar servicios de voz y datos dentro de las redes de telefonía móvil, siendo una revolución dentro del mercado, sumando a ello la llegada de los teléfonos inteligentes “smarthphone” y modem USB. Esta tecnología de optimización se conoció como HSDPA o 3.5G.

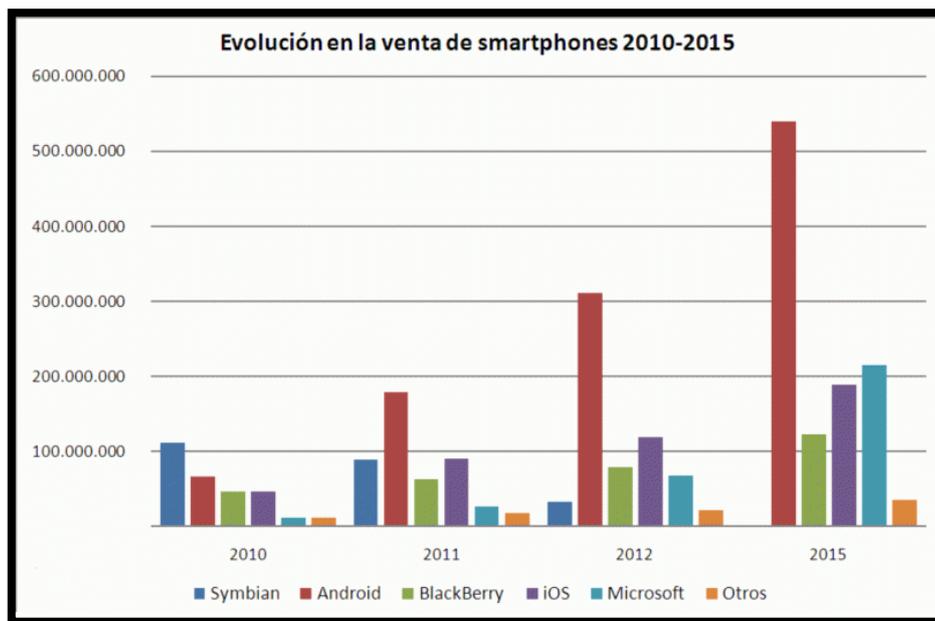


TABLA N° 2.3: EVOLUCIÓN EN LA VENTA DE TELÉFONOS INTELIGENTES.

En el lanzamiento del “reléase 6” se establece una mejora con un enlace de subida dedicado (E-DCH), pero manteniendo en fundamento de la transmisión de paquetes de HSDPA, logrando en el UL una tasa de transferencia máxima d 7.2 Mbps. Esta tecnología es conocida como HSUPA y se relaciona como. la generación 3.75G.

En el 2007 se establece un nuevo estándar definido en el “reléase 7”, esta tecnología se llamó HSPA+ o HSPA plus, otorgando velocidades de hasta 84 Mbps de bajada y 22Mbps de subida.

En el “reléase 8” aparece la tecnología LTE (evolución a largo plazo). Esta especificación se convierte en la evolución de UMTS (3G), para convertirse en la 4G, siendo fundamental para el despliegue definitivo de internet móvil, gracias a su arquitectura “ALL IP” –red que soporta hasta el 100% el protocolo IP.

El servicio LTE es capaz d entregar datos, especialmente servicios multimedia soportando IP.

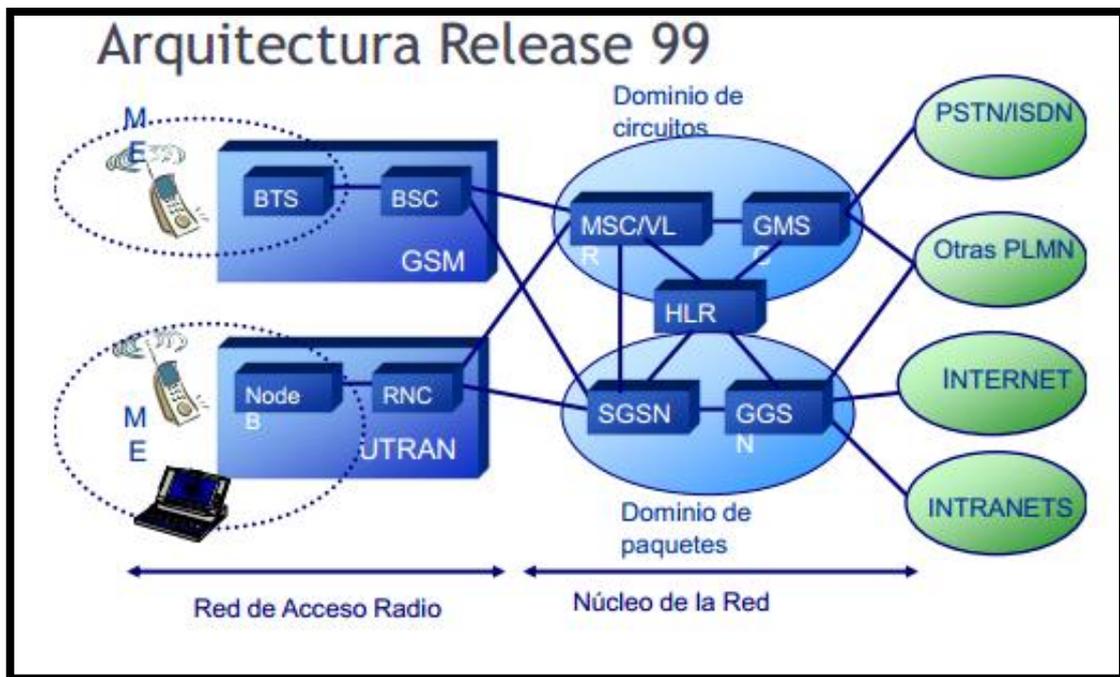


FIGURA N° 2.15: ARQUITECTURA DEL RELEASE 99.

2.2.7.2. REVISIONES TECNOLÓGICAS

a. UMTS/WCDMA

Es un estándar que corresponde a la tercera generación de tecnologías de la telefonía móvil, fue propuesto por la entidad 3GPP en el año 1999.

WCDMA significa “wide-band code división múltiple Access” (Acceso Múltiple por División de Código de banda ancha), la información que entrega el usuario es difundida a través de un ancho de banda amplio, multiplexado una unidad básica de información o chips derivados de los “spreadinf codes” de CDMA con la finalidad d soportar una alta tasa d transmisión máxima d 2 Mbps. El uso de esta interfaz aérea permite que la información fluya a 3.84 Mchipp/s, llevando el ancho de banda de la portadora a un valor aproximado a los 5Mhz.

WCDMA permite entregar beneficios en cuanto al rendimiento de la red de la telefonía móvil, así el operador de la red puede implementar múltiples portadoras para aumentar la capacidad de la información que entregan los usuarios, así como también el uso d antenas adaptativas y la aplicación de detección d multiusuario, permitiendo englobar un nuevo concepto de 3G llamado “conceptos receptor”, solo se podía aplicar bajos restricciones severas a incrementos limitados en el desempeño. Lo que a futuro permitió el desarrollo de 3G, en una arquitectura mucho más robusta, permitiendo controlar el tráfico de los usuarios a través d la conmutación de paquetes.

Existen 2 modos de funcionamiento para WCDMA/UMTS, uno es el Frecuency Division Duplex (FDD) y el Time División Duplex (TDD).

- TDD: En este método bidireccional, las transmisiones de los enlace subida y bajada son transportadas en la misma banda de frecuencia usando intervalos de tiempo (intervalos de trama) de forma síncrona. Así los intervalos de tiempo en un canal físico se asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción.
- FDD: Los enlaces de las transmisiones de subida y de bajada emplean dos bandas de frecuencia separadas. Un par de bandas de frecuencia con una separación especificada se asigna para cada enlace.

ARQUITECTURA DE LA RED WCDMA

Esta arquitectura está basada en 2 tecnologías anteriores que son principalmente GSM y GRPS, de esta manera los operadores tienen la ventaja de ahorro en costo de la implementación de una nueva topología, ya que al ser

una evolución del 2G se logra la interoperabilidad entre las dos tecnologías y toda la capa física, según el modelo OSI no requiere un mayor cambio de HARDWARE, entregando una gran flexibilidad de servicios, permitiendo al usuario acceder a datos o voz, en una determinada celda.

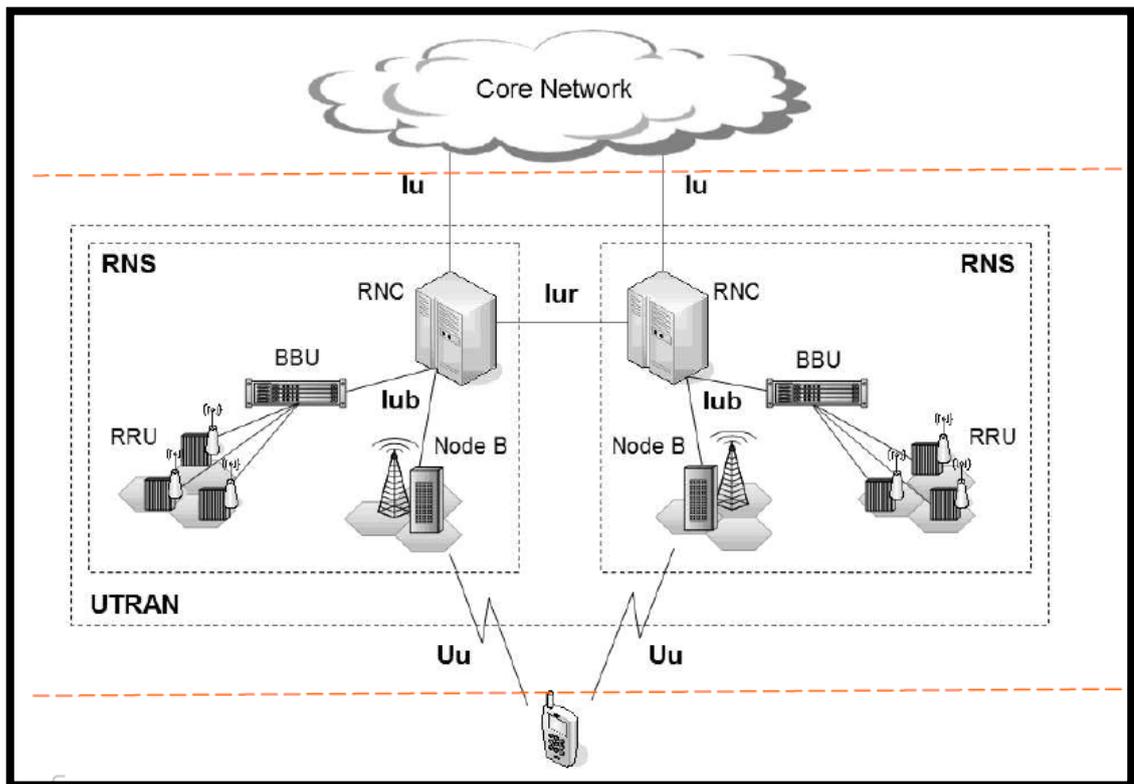


FIGURA N° 2.16: ARQUITECTURA DE LA RED WCDMA.

Esta red de acceso, está compuesta por las estaciones base, el nombre que se le entrega en 3G es RBS (Radio Base Station) o nodoB.

b. HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

Corresponde al release 5 de 3GPP, que permite establecerse como la evolución de la tecnología WCDMA.

La cualidad que presenta HSDPA es la mejora en el enlace descendente, permitiendo entregar una máxima tasa de transmisión de 14Mbps, de manera teórica. Pero a nivel de operadoras la velocidad máxima alcanzada fue entre 2 a 4 Mbps, HSDPA solo contempla mejoras a nivel de DL.

- CARACTERÍSTICAS

Su principal característica es la capacidad de trabajar en base a la adaptación del enlace (modulación adaptativa), esta técnica permite adaptar una velocidad de transmisión a las condiciones del canal, tomando como criterio el tipo de modulación y codificación a emplear.

La técnica de modulación que utiliza es QPSK y 16QAM, esto implica que pueden transmitir de 2 a 4 bits por símbolo, permitiendo entregar una mejor inmunidad al ruido.

- ARQUITECTURA

La arquitectura es la misma en donde convergen dos redes de acceso, GERAN (GRPS/EDGE) y UMTS (WCDMA).

Para HSPDA, la red de acceso se denomina UTRAN.

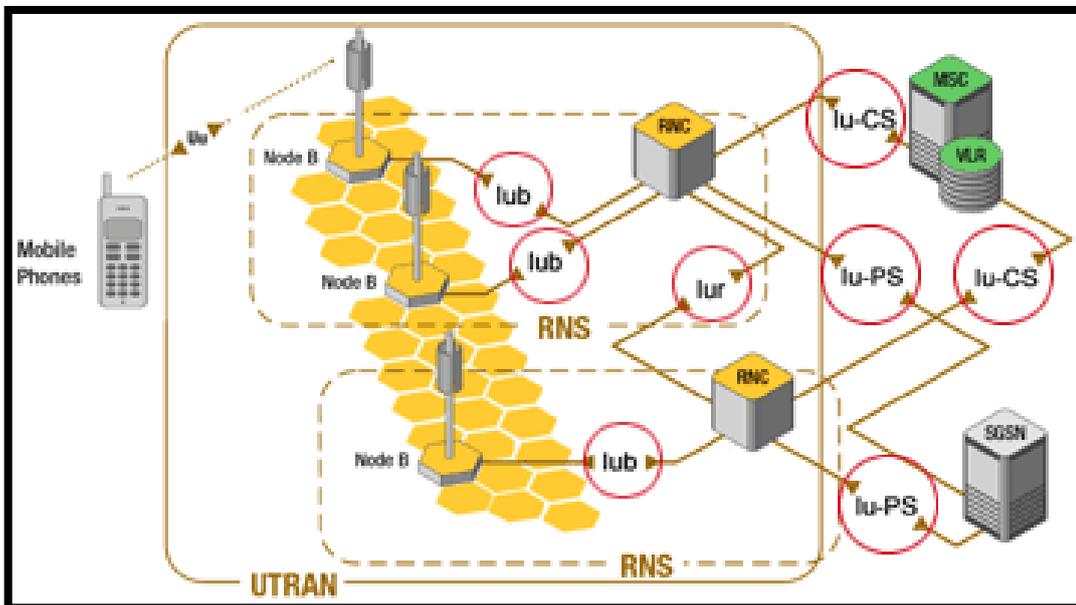


FIGURA N° 2.17: ARQUITECTURA DE LA RED HSDPA.

c. HSPA (High Speed Downlink Packet Access)

También conocida como HSPA pluss, se basa en una sinergia entre HSDPA y HSUPA, permitiendo mejorar el servicio entre el DL y UL, además está pensado para coexistir con las redes de LTE, mediante la actualización del software o hardware dentro de la RBS o nodoB y de la RCN.

HSPA+ provee velocidades de hasta 84Mbps en DL y 22Mbps en UL a través de una técnica multiantena conocido como MIMO (multiple Input-Multiple Output) y modulación 64QAM.

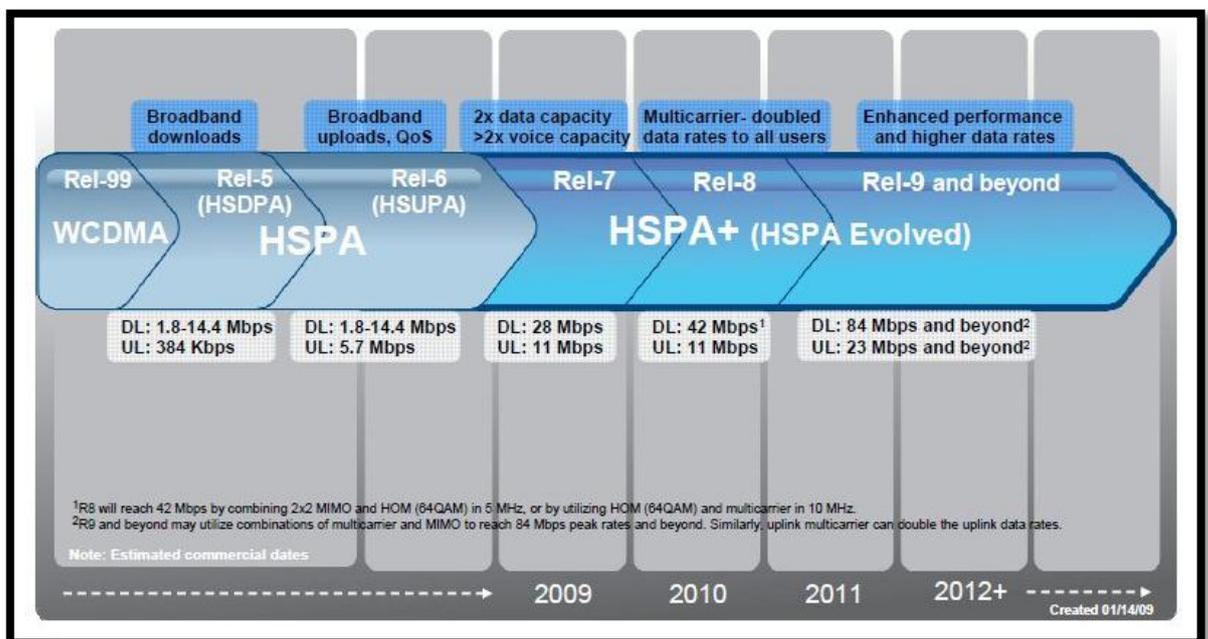


FIGURA N° 2.18: EVOLUCIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE HSPA+

2.2.8. TECNOLOGÍA LTE(LONG TERM EVOLUTION)

LTE es un estándar de comunicaciones móviles desarrollado por la 3GPP (3G Partnership Project), con el fin de mejorar la tecnología de acceso de radio, es así como se denominó LTE o evolución a largo plazo. Para ello el núcleo de la red también evolucionara, dicha mejora se conoce como Sistema de Evolución de la Arquitectura (SAE).

LTE es conocido como una de las tecnologías de la cuarta generación o 4G, cuya función principal es brindar grandes velocidades de hasta 100Mbps en subida y 50Mbps en bajada, con el fin de aumentar la eficiencia espectral con un ancho de banda (BW) más amplio para lograr máximas velocidades, es por ello que se recurre al uso de esquemas de modulación de orden superior junto con la tecnología de múltiples antenas o MIMO.

LTE al ser la evolución de la tecnología GSM, es capaz de utilizar algunas características de HSPA, especialmente a lo que refiere a planificación de algoritmos, canales de datos compartidos, entre otras funciones.

2.2.8.1. OBJETIVOS

- Requisitos de velocidad de datos. La bajada y subida de datos pico de velocidad son de 100Mbps y 50Mbps, respectivamente. Esto es suponiendo un ancho de banda de 20Mhz de espectro.
- Soporte para sistemas FDD y TDD.
- Mejora de la cobertura celular.
- Reducción de la latencia.
- Hace uso del espectro usando las bandas de frecuencias licenciadas.
- Movilidad.
- Mejoramiento de la experiencia del usuario.

2.2.8.2. INTRODUCCIÓN DE LA RED LTE

En las especificaciones se denomina a la arquitectura del sistema LTE como Evolved Packet System (EPS). La idea es la misma que en las otras generaciones, dividir el sistema en los tres elementos; Un equipo de usuario, una nueva red de acceso que denominaremos E-UTRAN y una red troncal que denominaremos EPC Todos los componentes que engloban este sistema están diseñados para soportar todo tipo de servicios de telecomunicación mediante

mecanismos de conmutación de paquetes, por lo que no es necesario disponer de un dispositivo que trabaje en modo circuito, ya que en el sistema LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes.

La red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC proporcionan de forma conjunta servicios de transferencia de paquetes IP entre los equipos de usuario y redes de paquetes externas tales como plataformas IMS y/o otras redes de telecomunicaciones como Internet.

Formalmente, el servicio de transferencia de paquetes IP ofrecido por la red LTE entre el equipo de usuario y una red externa se denomina servicio portador EPS (*EPS Bearer Service*). Asimismo, la parte del servicio de transferencia de paquetes que proporciona la red de acceso E-UTRAN se denomina E-UTRAN *Radio Access Bearer* (ERAB).

2.2.8.3. Arquitectura de E-UTRAN

La arquitectura de la red de acceso se compone de una única entidad de red denominada evolved NodeB (eNodeB) que constituye la estación base de E-UTRAN. Así pues, la estación base E-UTRAN integra toda la funcionalidad de la red de acceso, a diferencia de las redes de acceso de GSM y UMTS compuestas por estaciones base (BTS, NodeB) y equipos controladores (BSC y RNC). La descripción de la arquitectura de E-UTRAN se detalla en las especificaciones del 3GPP TS 36.300 y TS 36.401.

Tal y como se ilustra en la siguiente figura, una red de acceso E-UTRAN está formada por eNodeBs que proporcionan la conectividad entre los equipos de usuario (UE) y la red troncal EPC. Un eNodeB se comunica con el resto de elementos del sistema mediante tres interfaces: E-UTRAN Uu, S1 y X2.

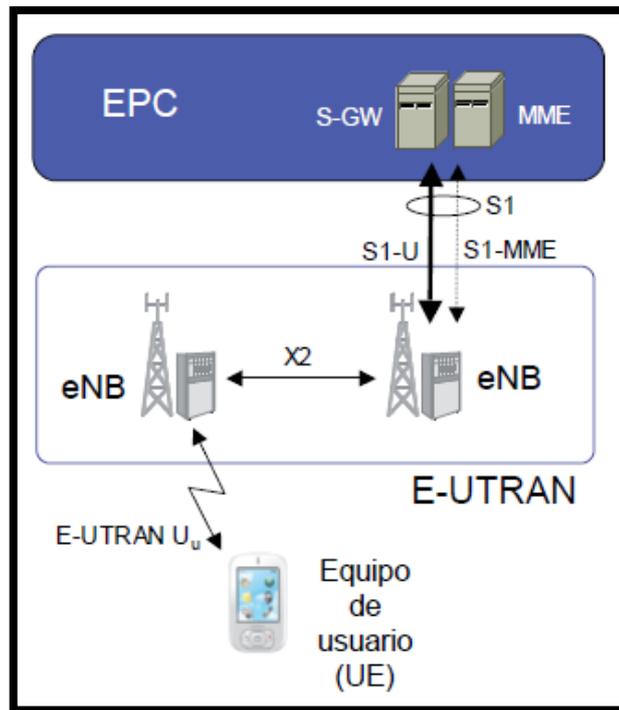


FIGURA N° 2.19: ARQUITECTURA DE RED DE ACCESO E-UTRAN.

E-UTRAN es la red de acceso especificada para LTE, que utiliza la tecnología OFDMA en la interfaz radio para la comunicación con los equipos de usuario.

La interfaz E-UTRAN Uu, también denominada LTE Uu o simplemente interfaz radio LTE, permite la transferencia de información por el canal radio entre el eNodeB y los equipos de usuario. Todas las funciones y protocolos necesarios para realizar el envío de datos y controlar la operativa de la interfaz E-UTRAN Uu se implementan en el eNodeB.

El eNodeB se conecta a la red troncal EPC a través de la interfaz S1. Dicha interfaz está desdoblada en realidad en dos interfaces diferentes: S1-MME para sustentar el plano de control y S1-U como soporte del plano de usuario. La separación entre plano de control y plano de usuario es una característica importante en la organización de las torres de protocolos asociadas a las interfaces de la red LTE.

Así pues, el plano de usuario de una interfaz se refiere a la torre de protocolos empleada para el envío de tráfico de usuario a través de dicha interfaz (paquetes IP del usuario que se envían entre E-UTRAN y EPC a través de S1-U). Por otro lado, el plano de control se refiere a la torre de protocolos necesaria para sustentar las funciones y procedimientos necesarios para gestionar la operación de dicha interfaz o de la entidad correspondiente (configuración de la operativa del eNodeB desde la red EPC a través de S1-MME). Esta separación entre plano de control y plano de usuario en la interfaz S1 permite realizar la conexión del eNodeB con dos nodos diferentes de la red troncal. Así, mediante la interfaz S1-MME, el eNodeB se comunica con una entidad de red de la EPC encargada únicamente de sustentar las funciones relacionadas con el plano de control (dicha entidad de red de la red troncal EPC se denomina *Mobility Management Entity*, MME). Por otro lado, mediante la interfaz S1-U, el eNodeB se comunica con otra entidad de red encargada de procesar el plano de usuario (dicha entidad de red de la EPC se denomina *Serving Gateway*, S-GW). Esta separación entre entidades de red dedicadas a sustentar el plano de control o bien el plano de usuario es una característica importante de la red LTE que permite dimensionar de forma independiente los recursos de transmisión necesarios para el soporte de la señalización del sistema y para el envío del tráfico de los usuarios.

Opcionalmente, los eNodeBs pueden conectarse entre sí mediante la interfaz X2. A través de esta interfaz, los eNodeB se intercambian tanto mensajes de señalización destinados a permitir una gestión más eficiente del uso de los recursos radio (como por ejemplo información para reducir interferencias entre eNodeBs) así como tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNodeB a otro durante un proceso de *handover*.

2.2.8.4. ARQUITECTURA GENERAL DE LTE

La arquitectura de red en LTE se basa en una serie de características requeridas, que se descomponen en elementos funcionales específicos en las aplicaciones de las entidades de la red física.

Esta es la razón por la que 3GPP especifica un Núcleo Paquete Evolucionado o Evolved Packet Core(EPC), que es la arquitectura de red para apoyar la E-UTRAN, a través de una reducción en el número de elementos de red, permitiendo una funcionalidad más simple, también se le agrega una mayor redundancia, sobre todo, teniendo en cuenta las conexiones a la línea fija y otras tecnologías de acceso inalámbrico, lo que las operadoras, tendrán la capacidad de ofrecer una mejor experiencia de movilidad en la red.

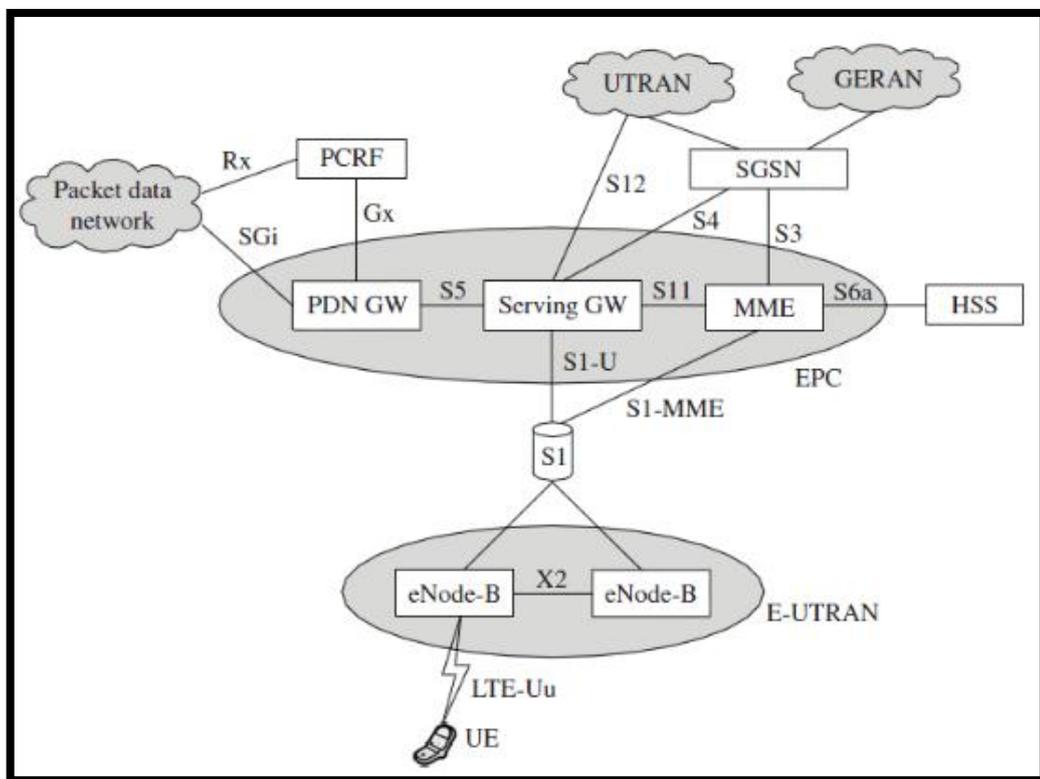


FIGURA N° 2.20: ARQUITECTURA DE RED LTE.

Cada uno de los elementos correspondientes a la arquitectura ha sido pensado para mantener una gran cantidad de servicios, principalmente datos, utilizando la conmutación de paquetes, recordando que las redes de LTE trabajan bajo el concepto “ALL-IP”. De esta manera, toda la infraestructura de una red LTE, incluyendo la red troncal EPC y la red de acceso E-UTRAN, se pueden encontrar con elementos propios de las redes IP, tales como routers,

servidores DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) para la configuración automática de las direcciones IP de los equipos de la red LTE y servidores DNS (Domain Name Server) para asociar los nombres de los equipos con sus direcciones IP.

La arquitectura LTE, también es capaz de dar los ajustes necesarios para la entrega de la calidad de servicios (QoS), así las operadoras son capaces de entregar servicios a la necesidad de los usuarios. Además todas las transmisiones de datos que realiza LTE entre UE y una red externa se denominan, servicio de Portadora EPS, en contraste, a la transmisión de datos otorgada por la red de acceso E-UTRAN se denomina E-UTRAN Radio Access Bearer (ERAB).

Los elementos a modo general que integra la arquitectura de una red LTE son:

- UE, el terminal móvil, esta puede ser un celular o un MODEM USB.
- EnodoB (Estación base de LTE), comienza como punto de contacto para la UE, y termina en la interfaz de aire. Estableciendo un nodo lógico entre el E-UTRAN, lo que incluye algunas de las funciones previamente definidas, como portador de radio gestión, enlace ascendente y descendente de radio dinámico de gestión de recursos y datos de paquetes de programación y gestión de la movilidad.
- MME (Mobility Management Entity), permite gestionar la movilidad de aspectos en materia de acceso a los servidores de la 3GPP, como la selección de puerta de enlace y seguimiento de la gestión de área de la lista.
- S-GW (Serving GateWay), es el punto de anclaje de la movilidad local para la entrega de datos entre varios enodoB y también proporciona la movilidad entre los servidores 3GPP. El S-GW y la MME pueden ser implementados en un nodo físico o por nodos físicos separados.
- P-GW (Packet Data Network Gateway), termina la SGI interfaz hacia la red de paquetes de datos (PDN).
- Interfaz S1, es la interfaz que separa los E-UTRAN y el EPC. Se divide en dos partes, el S1-U, que lleva los datos de tráfico entre el enodoB y

el P-GW. La S1-MME, que es una interfaz de señalización entre los enodoB y el MME.

- Interfaz de X2, es la interfaz entre enodoB, que consiste en dos partes: la X2-C es la interfaz entre el plano de control y el enodoB. La X2-U es la interfaz entre el plano de usuario y el enodoB. También existe una interfaz entre el X2 enodoB que necesita comunicarse entre sí.

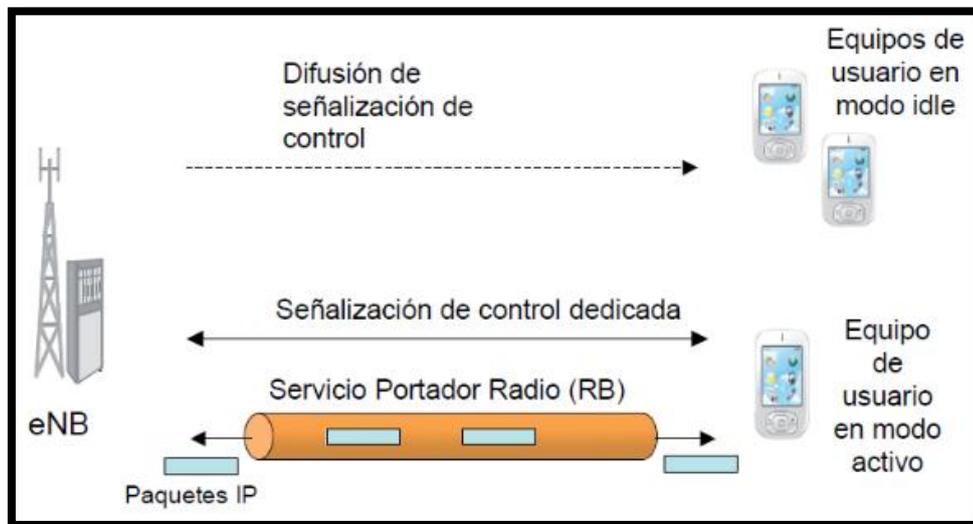


FIGURA N° 2.21: MECANISMO DE LA INTERFAZ AÉREA PARA TRANSMITIR DATOS.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. SIM (subscriber identity module)

Es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles y módems HSPA o LTE que se conectan al puerto USB. Las tarjetas SIM almacenan de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red, de forma que sea posible cambiar la línea de un terminal a otro simplemente cambiando la tarjeta.

2.3.2. **MS** (ESTACIÓN MÓVIL)

También conocida como **EM**, se le llama así a la terminal utilizada por el usuario para poder enlazar una comunicación telefónica dentro de una red.

Lo que diferencia la estación móvil de una estación fija es que la primera cambia de posición geográfica y periódicamente.

Está formada por el terminal telefónico y una tarjeta inteligente conocida por el nombre de **SIM** (Subscriber Identity Module -Módulo de Identificación del Abonado).

2.3.3. **BS** (ESTACIÓN BASE)

Una estación base es una instalación fija o moderada de radio para la comunicación media, baja o alta bidireccional. Se usa para comunicar con una o más radios móviles o teléfonos celulares. Las estaciones base normalmente se usan para conectar radios de baja potencia, como por ejemplo la de un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico o una computadora portátil con una tarjeta WiFi. La estación base sirve como punto de acceso a una red de comunicación fija (como la Internet o la red telefónica) o para que dos terminales se comuniquen entre sí yendo a través de la estación base.

2.3.4. **HLR** (home location registre,- registro de ubicación base)

Es una base de datos que almacena la posición del usuario dentro de la red, si está conectado o no y las características de su abono (servicios que puede y no puede usar, tipo de terminal, etcétera). Es de carácter más bien permanente; cada número de teléfono móvil está adscrito a un HLR determinado y único, que administra su operador móvil.

Al recibir una llamada, el MSC pregunta al HLR correspondiente al número llamado si está disponible y dónde está (es decir, a qué BSC hay que pedir que le avise) y enruta la llamada o da un mensaje de error.

2.3.5. **VLR** (visitor location register o registro de ubicación de visitante)

Es una base de datos más volátil que almacena, para el área cubierta por un MSC, los identificativos, permisos, tipos de abono y localizaciones en la red de todos los usuarios activos en ese momento y en ese tramo de la red. Cuando un usuario se registra en la red, el VLR del tramo al que está conectado el usuario se pone en contacto con el HLR de origen del usuario y verifica si puede o no hacer llamadas según su tipo de abono. Esta información permanece almacenada en el VLR mientras el terminal de usuario está encendido y se refresca periódicamente para evitar fraudes (por ejemplo, si un usuario de prepago se queda sin saldo y su VLR no lo sabe, podría permitirle realizar llamadas).

2.3.6. **AUC** (Centro de Autenticación)

El centro de autenticación es una base de datos protegida que almacena una copia de la clave secreta almacenada en la tarjeta SIM de cada abonado, que se utiliza para la autenticación y el cifrado del canal de radio. Las AUC protegen los operadores de redes de diferentes tipos de fraude que se encuentran en el mundo celular de hoy.

2.3.7. **EIR** (equipo de registro de identidad)

El Registro de Identidad de Equipo (EIR) es una base de datos que contiene una lista de todos los equipos móviles válido en la red, donde su identidad de equipo móvil internacional (IMEI) identifica cada Estado miembro. Un IMEI se marca como no válido si ha sido reportado como robado o no se tipo aprobado.

2.3.8. **CLUSTER**

Se le conoce como Clúster a la cantidad total de los canales que la banda de frecuencias requiere y se distribuye entre varias celdas.

A ese aglomerado número de celdas se le da el nombre de Clúster, que pueden ser de distintos tipos o patrones de reutilización.

2.3.9. **NODO B**

Es la estación base que se encarga de la conectividad vía radio entre el abonado y la red. Se encarga de dar la calidad que requieren los distintos servicios, control de carga y sobrecarga de datos, da los tiempos y capacidades a cada uno de los usuarios o scheduling.

2.3.10. **DHCP** (Protocolo de configuración dinámica de Host)

El protocolo de configuración dinámica de Host (DHCP) es un protocolo estándar definido por RFC 1541 (que es sustituida por RFC 2131) y que permite a un servidor distribuir de forma dinámica el direccionamiento IP y la información de configuración a los clientes. El servidor DHCP proporciona normalmente el cliente con al menos esta información básica:

- Dirección IP
- Máscara de subred
- Puerta de enlace predeterminada

Otro tipo de información puede proporcionarse también, como direcciones de servidor de servicio de nombres de dominio (DNS) y servicio de nombres Internet de Windows (WINS) las direcciones del servidor. El administrador del sistema configura el servidor DHCP con las opciones que se analizan la salida al cliente.

2.3.11. **ANTENA**

Una antena es un dispositivo (conductor metálico) diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

Existe una gran diversidad de tipos de antenas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio comercial o una estación base de teléfonos móviles), otras veces deben serlo para canalizar la potencia en una dirección y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radioenlaces).

2.3.12. **MIMO** (Multiple-input Multiple-output -Múltiple entrada múltiple salida).

Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos como enrutadores. En el formato de transmisión inalámbrica tradicional la señal se ve afectada por reflexiones, lo que ocasiona degradación o corrupción de la misma y por lo tanto pérdida de datos.

MIMO aprovecha fenómenos físicos como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error. En breves palabras MIMO aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial.

Durante los últimos años la tecnología MIMO ha sido aclamada en las comunicaciones inalámbricas ya que aumenta significativamente la tasa de transferencia de información utilizando diferentes canales en la transmisión de datos o la multiplicación espacial por tener las antenas físicamente separadas.

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED BASADA EN CAPACIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO CON TECNOLOGÍA LTE USANDO RBS 6601 DE ERICSSON EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO-PERÚ.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente documento tiene como fin describir la instalación de la tecnología 4G LTE, con equipos que pertenecen a la compañía multinacional ERICSSON quien ofrece equipos y soluciones de telecomunicaciones, principalmente en los campos de la telefonía fija y la telefonía móvil.

Las instalaciones se centran en la provincia de Huancayo, las estaciones fueron elegidas y asignadas por Telefónica del Perú (TDP) eligiendo dicha ciudad como una de las primeras provincias a instalar por su cantidad poblacional y factor comercio; previas a las instalaciones se realizaron breves estudios físicos de factibilidad y espacio, es decir si era posible poder hacer la instalación 4G en dichos SITE's, estos estudios se centraron en buscar espacios en sala de equipos como en sala de mástiles o torre, de acuerdo al tipo de estación, las condiciones son básicamente tomar datos previos como azimut, tilt eléctrico mecánico, así como modelo de antenas, ya que es

importante conocer si las antenas son capaces de trabajar a las frecuencias que trabaja 4G, se describe y detalla a continuación las características básicas de lo requerido para cumplir con las exigencias de la tecnología de igual manera para la operadora como cliente final.

Las estaciones consideradas en el estudio son las siguientes, tomando como referencia el tipo de estación y torre (mástiles de 3m, ventadas, arriostradas y auto soportadas).

N°	EBC	DPTO	PROVINCIA	TIPO TORRE
01	PLAZA_HUANCAYO	JUNÍN	HUANCAYO	mástiles 3m
02	HUANCAYO 2	JUNÍN	HUANCAYO	monopolo 25m
03	FERROCARRIL	JUNÍN	HUANCAYO	arriostrada 9m
04	HUSARES	JUNÍN	HUANCAYO	Auto soportada 30m
05	SANTIBANEZ	JUNÍN	HUANCAYO	ventada 15m

TABLA N° 3.1: MUESTREO DE ESTACIONES BASE DESIGNADAS POR TDP.

3.2. CIUDAD DE HUANCAYO

Del vocablo quechua WANKAYUQ, es una de las ciudades más importantes de la sierra central del Perú, situada al sur del valle del Mantaro. Huancayo es el distrito capital del departamento de Junín y de la provincia de Huancayo. Fue fundada como “pueblo de indios”, tomando el nombre de “santísima trinidad de Huancayo”, es famosa por su apelativo de ciudad Incontrastable, así como por sus originales paisajes, el valle su historia y su artesanía. Según el instituto Nacional de Estadística e Informática es la novena ciudad y la sexta área metropolitana más poblada del Perú, albergaba en el año 2014 una población de 50,384 habitantes.

El plan de desarrollo Urbana de la Municipalidad Provincial de Huancayo del 2006 reconoce que el área de aglomeración urbana morfológicamente ya se extendió hasta los distritos de HUANCAN, PILCOMAYO, SAN AGUSTÍN Y SAPALLANGA contando en total aproximadamente 420.000 habitantes en el año 2012.



FIGURA N° 3.1: PLAZA CONSTITUCIÓN DE HUANCAYO

3.2.1. EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA

En los últimos años se ha verificado un fenómeno de inmigración a la ciudad de Huancayo, desde el centro del país muchos migrantes llegan de diversas provincias y departamentos para asentarse en esta ciudad, lo que hace que la población aumente constantemente. Así de ser una ciudad de aproximadamente 200.00 habitantes en los años ochenta, los tres distritos núcleos de Huancayo arrojaron una población de aproximadamente 340.000 habitantes en el censo 2007.

A continuación se muestra la tabla de la evolución poblacional en los últimos años.

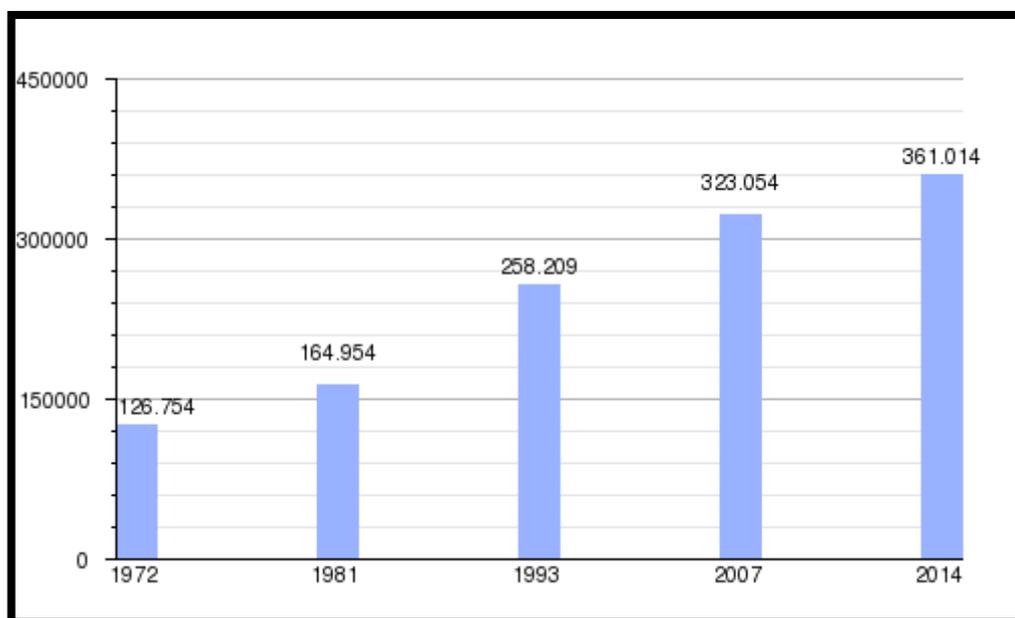


TABLA N° 3.2: GRAFICO DE LA EVOLUCIÓN POBLACIONAL EN LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS.

Debido a esta masa poblacional que aumenta considerablemente en el pasar de los años, crece también la necesidad de comunicarse; la ciudad de Huancayo destaca por su comercio ya que existe una corta distancia entre la capital de LIMA y la ciudad, se mantiene este comercio de manera constante, es por tal la importancia de aumentar la cobertura y calidad de servicio en esta ciudad.

3.3. ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS POR EL ESTADO PERUANO

El espectro radioeléctrico es un recurso natural conformado por el conjunto de ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se fijan convencionalmente desde 9 kHz hasta 300 GHz y que forma parte del patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento, correspondiendo su gestión, administración y control al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El presente contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones en la República del Perú, de tal forma que los diversos servicios operen en bandas de frecuencias definidas previamente para cada uno de ellos, a fin de asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencias perjudiciales y permitir la coexistencia de servicios dentro de una misma banda de frecuencias, cuando sea el caso.

Número de la banda	Símbolos	Rango de frecuencias	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriámétricas	B. Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Onda decimétricas	B. dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12	--	300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	--

Nota 1: La "banda N" (N = número de la banda) se extiende de $0,3 \times 10^N$ Hz a 3×10^N Hz.
Nota 2: Prefijo : k = kilo (10^3), M = mega (10^6), G = giga (10^9), T = tera (10^{12}).

TABLA N° 3.3: NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS Y DE LAS LONGITUDES DE ONDA EMPLEADAS EN LAS RADIOCOMUNICACIONES.

El artículo 4 del plan de atribución de frecuencia del estado Peruano (PNAF) indica que los servicios de radiocomunicaciones que operen con autorización de la Administración Peruana de Telecomunicaciones deberán cumplir con lo especificado en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias y sus notas adicionales.

3.3.1. REGIONES Y ZONAS DEL MUNDO

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido el mundo en tres Regiones, Perú pertenece a la Región 2, como se aprecia en el siguiente mapa:

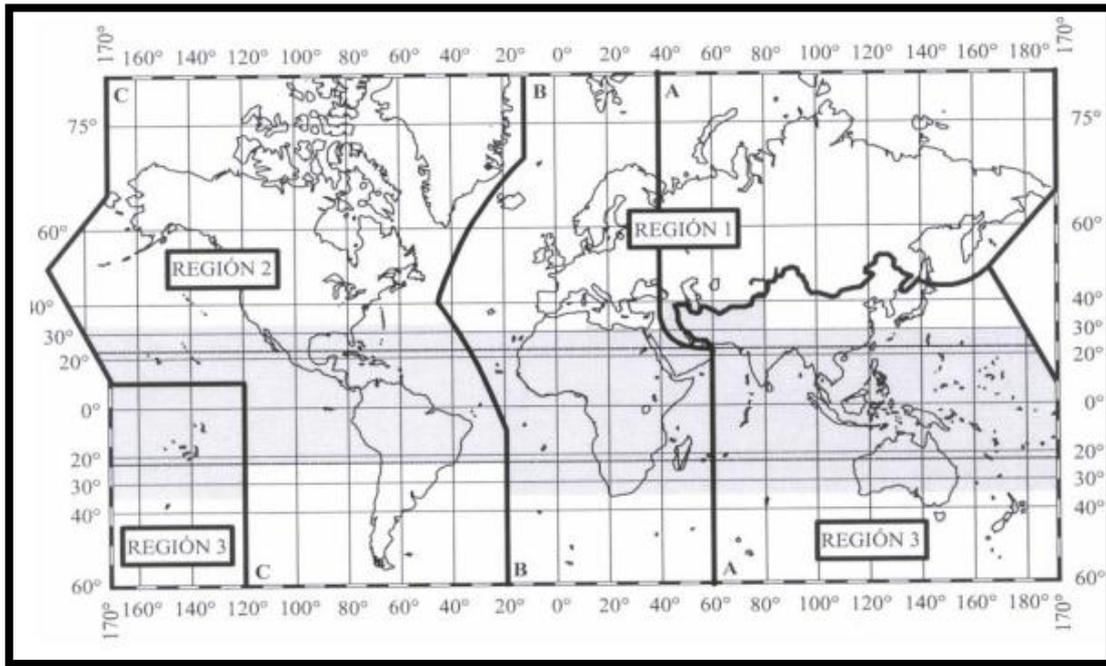


FIGURA N° 3.2: ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS PARA REGIONES DEL MUNDO

Región 1: La Región 1 comprende la zona limitada al este por la línea A (más adelante se definen las líneas A, B y C), y al oeste por la línea B, excepto el territorio de la República Islámica de Irán situado dentro de estos límites. Comprende también la totalidad de los territorios de Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Federación de Rusia, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, y Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia que se encuentra entre las líneas A y C.

Región 2: La Región 2 comprende la zona limitada al este por la línea B y al oeste por la línea C.

La línea B - las islas del Océano Índico al oeste del meridiano 60° Este de Greenwich, situadas entre el paralelo 40° Sur y el arco de círculo máximo que pasa por los puntos de coordenadas 45° Este, 11°30' Norte y 60° Este, 15° Norte.

La línea C - las islas del Océano Atlántico al este de la línea B situadas entre los paralelos 40° Sur y 30° Norte.

Región 3: La Región 3 comprende la zona limitada al este por la línea C y al oeste por la línea A, excepto el territorio de Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Federación de Rusia, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia. Comprende, asimismo, la parte del territorio de la República Islámica de Irán situada fuera de estos límites.

3.3.2. DISPOSICIONES Y ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS PARA TELEFONÍA MÓVIL.

De acuerdo al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), las bandas destinadas para servicios públicos móviles, en las cuales se puede brindar los servicios de telefonía móvil o de comunicaciones personales (PCS), son las siguientes:

- Las bandas 824 - 849 MHz y 869 - 894 MHz (banda de 800 MHz). Asimismo, la banda B' (846,5 - 849,0 MHz y 891,5 - 894,0 MHz) fuera de la ciudad de Lima, está reservada para servicios de telecomunicaciones en áreas rurales.

- Las bandas 1710-1850 MHz y 1850-1990 MHz, en las que el otorgamiento de la concesión y la asignación de espectro será mediante concurso público de ofertas.

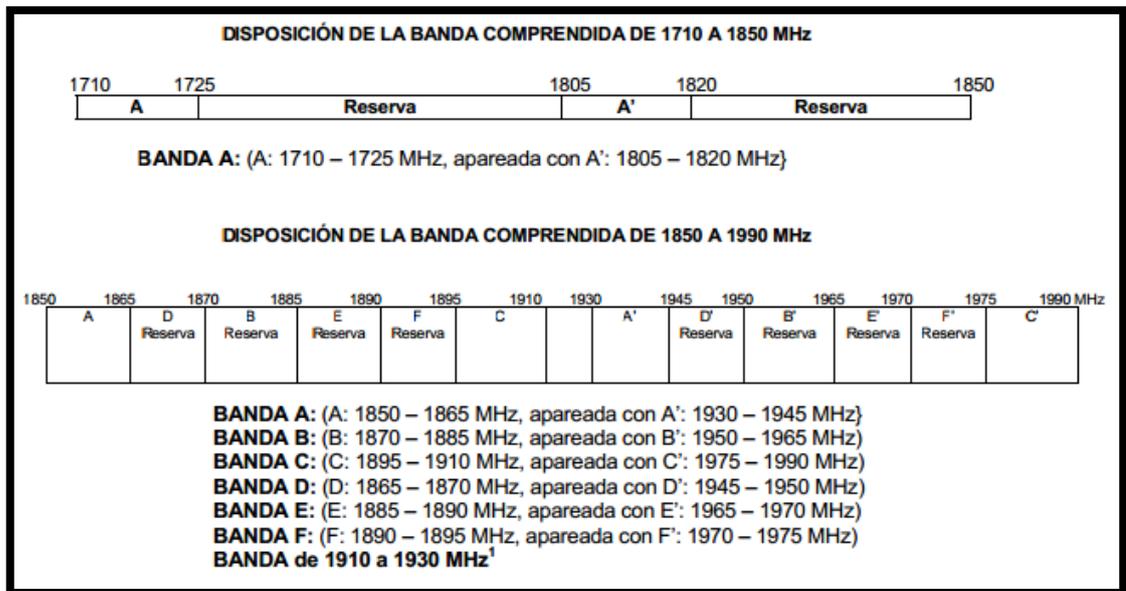


FIGURA N° 3.3: RANGO DE LA BANDA DE FRECUENCIA.

3.3.3. DETALLE DE BANDAS ASIGNADAS POR EL ESTADO PERUANO

En el PERÚ en este momento existen las siguientes tecnologías celulares:

- iDEN: Utilizada por ENTEL antes NEXTEL.
- GSM/GPRS/EDGE ---> Utilizada por Claro y Movistar
- UMTS (WCDMA)/HSDPA/HSPA+ --> Utilizada por Claro, Movistar y Entel.
- LTE: Utilizada por Entel, Telefónica y Claro.

Para ello las bandas licenciadas por el estado peruano para la telefonía móvil y las operadoras que hacen uso, comprende el rango de las siguientes frecuencias:

Rango de Frecuencias (MHz)				
BANDA	IDA	RETORNO	Empresa	Area de Asignacion
A	824 - 835	869 - 880	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
	845 - 846,5	890 - 891,5		
B	835 - 845	880 - 890	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
	846,5 - 849	891,5 - 894		

TABLA N° 3.4: BANDAS DE 824 – 849 MHZ Y 869 – 894 MHZ

Rango de Frecuencias (MHz)				
canal	Ancho de Banda de Ida: (16 MHz)	Ancho de Banda de Retorno: (16 MHz)	Empresa	Area de Asignacion
1	899 - 915	944 - 960	Viettel Perú S.A.C.	Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao
1	902 - 915	947 - 960	Viettel Perú S.A.C.	A Nivel Nacional excepto Las Provincias de Lima y Callao

TABLA N° 3.5: BANDAS DE 899 – 915 MHZ Y 944 – 960 MHZ

Rango de Frecuencias (MHz)				
BANDA	IDA	RETORNO	Empresa	Area de Asignacion
A	1 850 - 1 865	1 930 - 1 945	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
D	1 865 - 1 870	1 945 - 1 950	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional
B	1 870 - 1 882,5	1 950 - 1 962,5	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
E	1 882,5 - 1 895	1 962,5 - 1 975	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional
F	1 895 - 1 897,5	1 975 - 1 977,5	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
C	1 897,5 - 1 910	1 977,5 - 1 990	Viettel Perú S.A.C.	A Nivel Nacional

TABLA N° 3.6: BANDAS 1 850 – 1 910 MHZ Y 1 930 – 1 990 MHZ.

BANDA	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Area de Asignacion
	IDA	RETORNO		
A	1 710 - 1 730	2 110 - 2 130	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
B	1 730 - 1 750	2 130 - 2 150	Americatel Perú S.A.	A Nivel Nacional
C	1 750 - 1 770	2 150 - 2 170		

TABLA N° 3.7: BANDAS 1 710 – 1 770 MHZ Y 2 110 – 2 170 MHZ

3.3.4. ESPECTRO LICITADO POR EL ESTADO PERUANO PARA 4G

En Marzo 2011 se emitió la RM-211 donde se disponía el concurso para la concesión de solo 2 bloques de la banda 1.7 /2.1 GHz (1710-1770 / 2110-2170) es decir 60+60Mhz y conforme a la canalización que determinara el MTC.

En Mayo 2011 el MTC canalizó la banda 1.7/2.1 GHz según la opción 5 de la ITU en 3 bloques de 20Mhz = 60Mhz. Pro Inversión convocó a inicios del 2013 al proceso de licitación para la asignación de dos bloques (A y B) de banda 1.7/2.1 GHz a nivel nacional. Las frecuencias serán destinadas a la habilitación de la tecnología 4G. Los postores calificados fueron (Movistar, Claro, Americatel y Viettel). El **22 de julio** se adjudicó el Bloque A a Movistar(152.2 M\$) y el B a Americatel (105.5 M\$), Claro ofreció menores montos y Viettel no presentó ofertas.

Bloque	Rango de Frecuencias (MHz)	
	Ida	Retorno
A	1 710 – 1 730	2 110 – 2 130
B	1 730 – 1 750	2 130 – 2 150
C	1 750 – 1 770	2 150 – 2 170

TABLA N° 3.8: BLOQUES LICITADAS POR EL ESTADO PERUANO.

Nota: La banda C de 20MHz de la ITU se corresponde con la banda Nro.10 de 15 MHz del 3GPP (1755-1770/2155-2170) llamada bloque AWS-extendido. La 3GPP estableció estándares alternativos a ITU siendo su banda de 45MHz de 1.7/2.1 conocido como AWS (Advanced Wireless Services), muy utilizada en USA y otros países de Latinoamérica.

También están estandarizadas por ITU y 3GPP otras bandas para implementar la tecnología LTE, como las banda de 700 MHz y la de 2,5 GHz, que utilizan los equipos más populares: Samsung Galaxy S3 (en los 2,5 GHz) y el iPhone 5 (en los 700 MHz).

Las bandas que se pueden utilizar son:

- Banda de **700 MHz**: Banda 12, 17, 13 y Banda APT700 28. La banda de 746 – 806 MHz están reservadas para licitación el 2015 y 614-746 es reservada para radiodifusión televisiva del estado (Podría ser liberada y utilizada).
- Banda **AWS**: Banda 4. licitadas y utilizadas por Movistar y Entel.
- Banda **1900 MHz**: Banda 2. Es utilizada para servicios 2G y 3G, pero América Móvil, usa parte de este espectro para ofrecer servicios LTE.
- Banda **2300**: Banda 40 TDD. Licitada a empresas que podrían utilizarla para ofrecer servicios LTE-TDD como Americatel Perú (Entel).
- Banda **2600**: Banda 38 y 41 TDD. Empresas de difusión televisiva, Entel y OLO Perú tienen licitado espectro suficiente para poder ofrecer servicios LTE-TDD.
- Banda **3500**: Banda 42. Espectro licitado a operadoras (Entel, Telefónica) y otras empresas con suficiente espectro para ofrecer servicios LTE-TDD

En el Perú se han asignado diversas bandas que permiten el acceso inalámbrico a internet, algunas solo en ámbitos regionales y con poco desarrollo. Adjunto cuadro con Operadores con bandas asignadas a Dic. 2011.

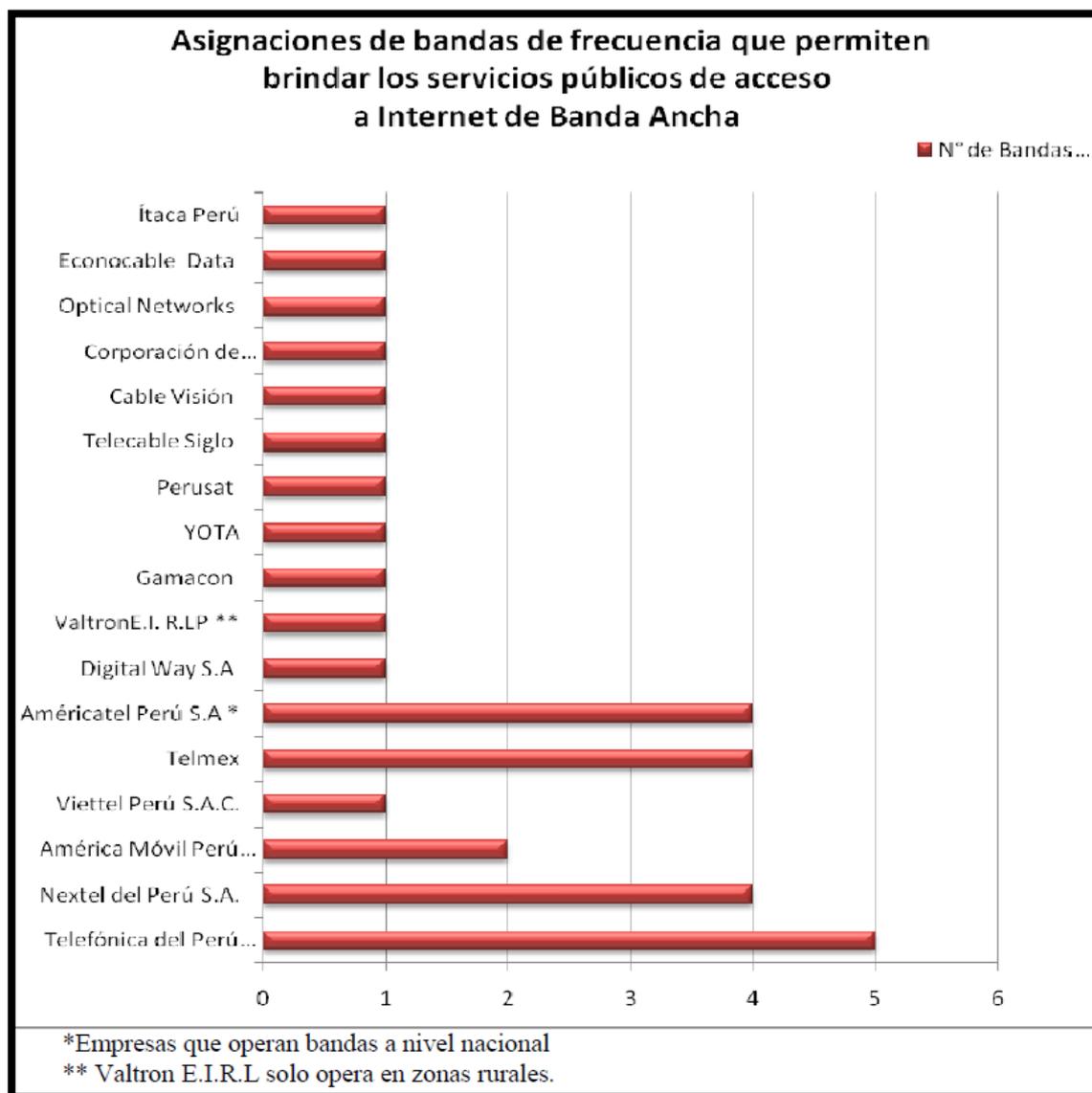


TABLA N° 3.9: ASIGNACIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS PARA BRINDAR SERVICIOS PÚBLICOS DE ACCESO A INTERNET.

3.3.5. ULTIMAS CONCESIONES DEL ESPECTRO

Ene.2013. el MTC renovó las licencias de espectros (800 y 1900 MHz para Lima-Callao y 800Mhz para el resto del país) a Telefónica Móviles por 18 años y 10 meses, sin pago alguno, solo compromisos de inversión y servicios gratuitos. El MTC estima en S/ 3,020 Millones estas inversiones en los 18 años. Los compromisos son: Cobertura móvil para el 100% de capitales de distritos (faltan 409) y centro poblados con más de 400 habitantes (faltan 1848). Tarifa social móvil de 0.25 S//min. Para un millón de personal en áreas rurales. Acceso gratuito satelital para entidades del estado en 880 distritos, 70 accesos gratuitos de BA en 6 provincias aisladas en la selva. 11,000 speedy de 6 Mbps. Microondas BA en Rioja-Iquitos con 559 accesos gratuito a internet, Video vigilancia en 327 distritos. El MTC desechó la valorización de Osiptel por los 3 contratos de espectro por 830 M\$. El 2009 en Ecuador, Telefónica pagó 220M\$ por un renovación similar para solo 2 millones de usuarios, aquí tiene 20 Millones de usuarios y no pagará nada.

Oct. 2012: 32 Mhz de Banda de 900 MHz (899-915 MHz y 944-960 MHz en Lima y Callao, y 902-915 MHz y 947-960 MHz en el resto del país) a Viettel, por un monto de 48.43 M\$ (2 M\$ pago al estado, 18M\$ para limpieza del espectro y 28M\$ comprometidos para internet a 718 org. del estado), sumado a la banda de 1900Mhz Viettel acumula 57 Mhz de espectro. Desistió de presentar propuesta económica Americatel.

Dic.2011: Bandas de 10.15-10.30 y 10.50-10.65 Ghz a Global Crouising (Level 3), por un monto de 220.8M\$, esa banda será para transmisión de datos corporativos en Lima-Callao. Se compromete a dar acceso de BA a internet gratuito por 3 años a 11 Comisarias.

Ene. 2011, Viettel Group se adjudicó la concesión de la Banda C de 1.900 MHz (1897,5 – 1910 MHz / 1977,5 – 1990 MHz) al ofertar US\$1,3 millones y servicios de Internet gratuito para más de 4.000 colegios de diversas localidades del país durante 10 años. El grupo Viettel tiene una facturación anual de 7000 Millones US\$. Viettel inició sus operaciones técnicas en enero 2013 en las ciudades de Huarochiri, Huaura, Chincha, Ica y Trujillo.

3.4. DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES BASE

A continuación se describen una de las estaciones bases tomadas como muestreo para la elaboración de este informe, se analiza el tipo de tecnología existente y la factibilidad y espacio para la implementación de la tecnología 4G.

3.4.1. EBC PLAZA HUANCAYO

Esta EBC está ubicada en la Calle Real 417 en el distrito de Huancayo.

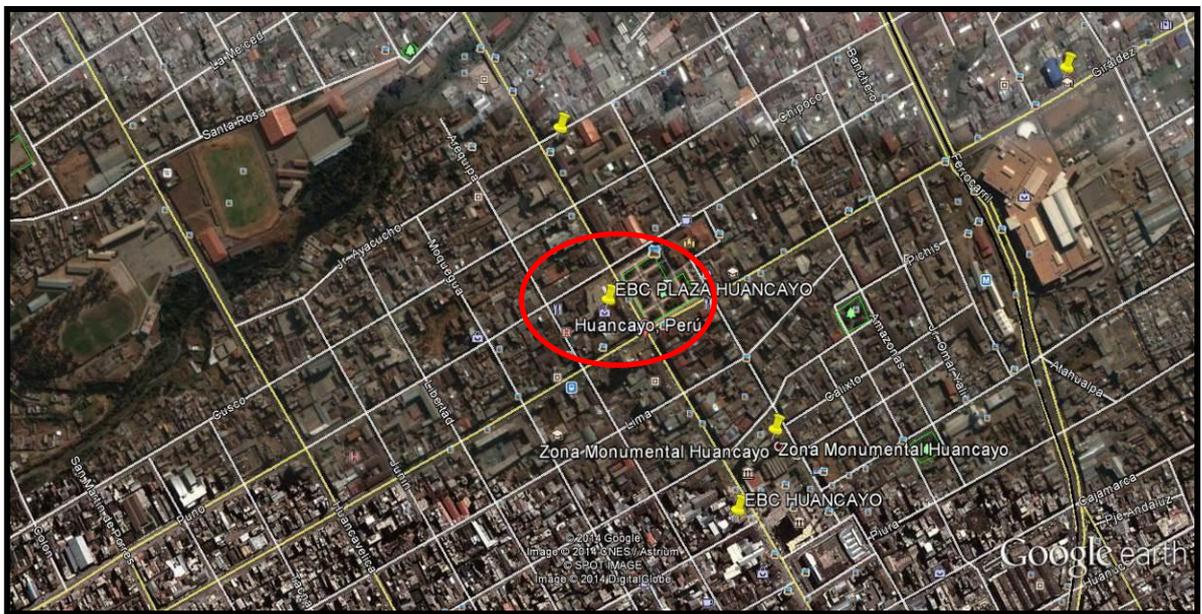


FIGURA N° 3.4: UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE PLAZA HUANCAYO.

Coordenadas:	Latitud	75°12'39.4"
	Longitud	12° 04'6.4"
	Cota (msnm)	3,240

La EBC está ubicada en el centro comercial "CONSTITUCIÓN" de ahí deriva el nombre de Plaza _hyo.



FIGURA N° 3.5: LOCALIZACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL “CONSTITUCIÓN”

Para la instalación 4G, se requiere primero conocer el tipo de instalación existente, para este caso existe tecnología 3G y 2G.

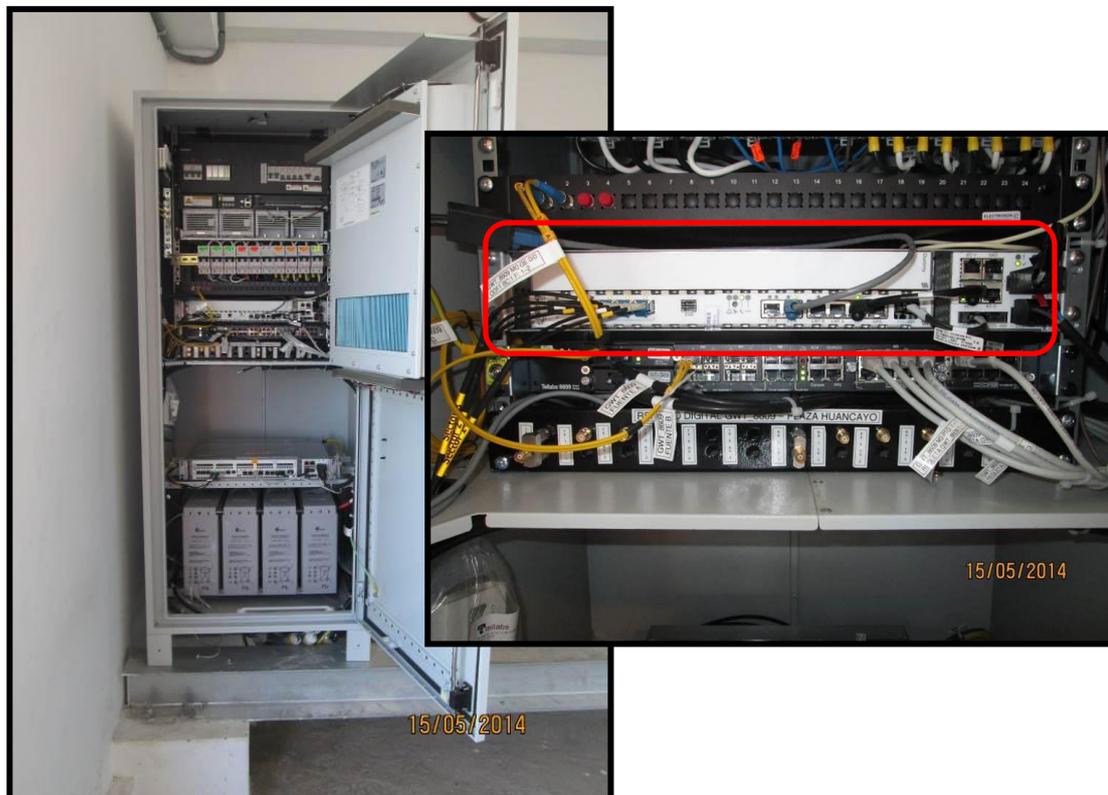


FIGURA N° 3.6: MU 2G y 3G 6601 EXISTENTE INSTALADA EN RECTIFICADOR HUAWEI.

Existe también un gabinete rectificador de la marca HUAWEI, este se encarga de convertir el voltaje AC en -48V DC, con el fin de energizar los equipos existente para 3G y 2G, además de un TELLABS, que es el medio de TX que conecta la unidad principal-remoto, rackeable. En este rectificador existen breacker disponibles para el energizado de la MU y Las unidades de radio remota (RRU).

Para los casos asignados se busca independizar las tecnologías, por tanto el energizado de estos equipos nuevos 4G será desde un by pass (caja de breacker energizados desde un breacker del rectificador).



FIGURA N° 3.7: MU 6601 3G EXISTENTE, INSTALADA EN GABINETE HUAWEI.

Las antenas se encuentran instaladas en mástiles de 3m sobre un edificio de 15m. Estas corresponden al modelo [COMBA ODV-065R18EK](#)

Estas antenas son DUAL BAND por trabajar con 2 bandas de frecuencias 850 para 3G y la banda de 1900 para la tecnología 2G existente en la EBC. Para

el caso de una nueva instalación 4G se hará una nueva instalación con antenas que tengan 4 puertos libres ya que las frecuencias en las que trabajara 4G es la de AWS (1 710 - 1 730/2 110 - 2 130), Aclaro que no se trata de dos bandas distintas, sino la banda de 1700 MHz se usa para el canal de subida (móvil a estación base) y la de 2100 MHz para el canal de bajada (estación base a móvil), es decir, es FDD.



FIGURA N° 3.8: ANTENAS EXISTENTES 2G Y 3G EN ESTACIÓN BASE.

Para el caso presentado se requiere la instalación de una nueva antena, esta será ubicada en los mástiles libres.

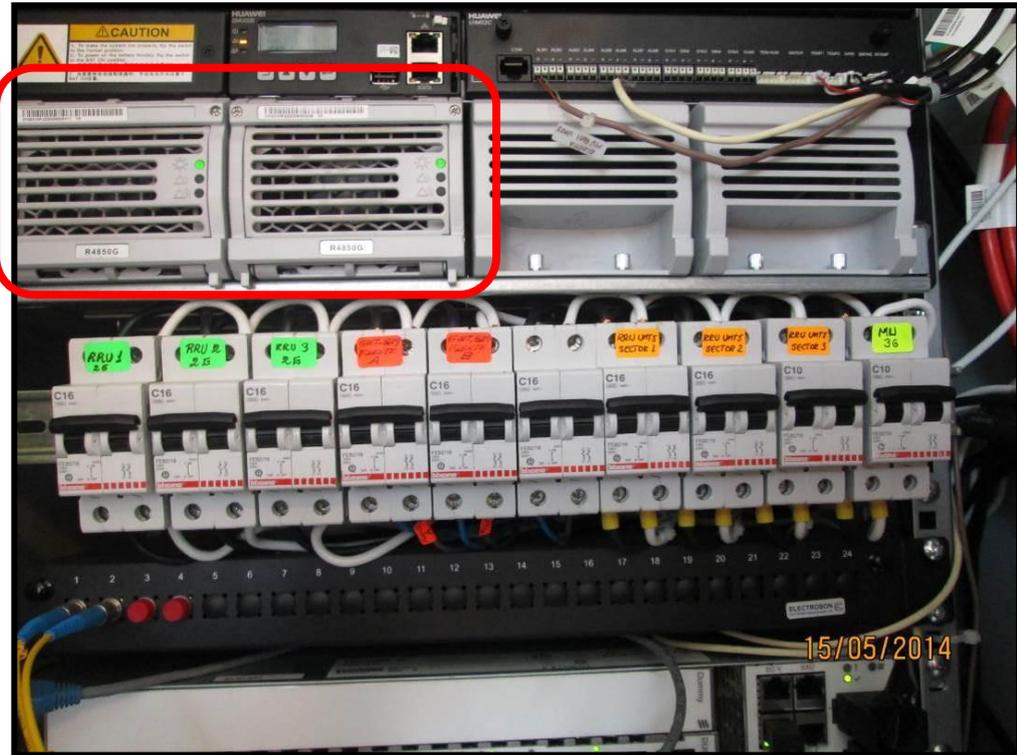


FIGURA N° 3.10: EXISTENCIA DE MÓDULOS RECTIFICADORES EN EL GABINETE RECTIFICADOR.

Para el recorrido del cable de F.O y D.C se reutilizan las escalerillas existentes hasta los mástiles donde se encontrarán las antenas 4G.

Por tal se requiere cableado de F.O y cable D.C para el energizado de las RRU'S y MU, el siguiente metrado:

SECTOR	RECORRIDO F.O Y D.C					
	F.O			D.C		
	HORIZONTAL	VERTICAL	TOTAL	HORIZONTAL	VERTICAL	TOTAL
1	5.0m	13.0m	18.0m	5.0m	13.0m	18.0m
2	13.0m	13.0m	26.0m	13.0m	13.0m	26.0m
3	17.0m	13.0m	30.0m	17.0m	13.0m	30.0m

TABLA N° 3.10: MEDIDA NECESARIA PARA EL ENERGIZADO DE LOS EQUIPOS 4G.

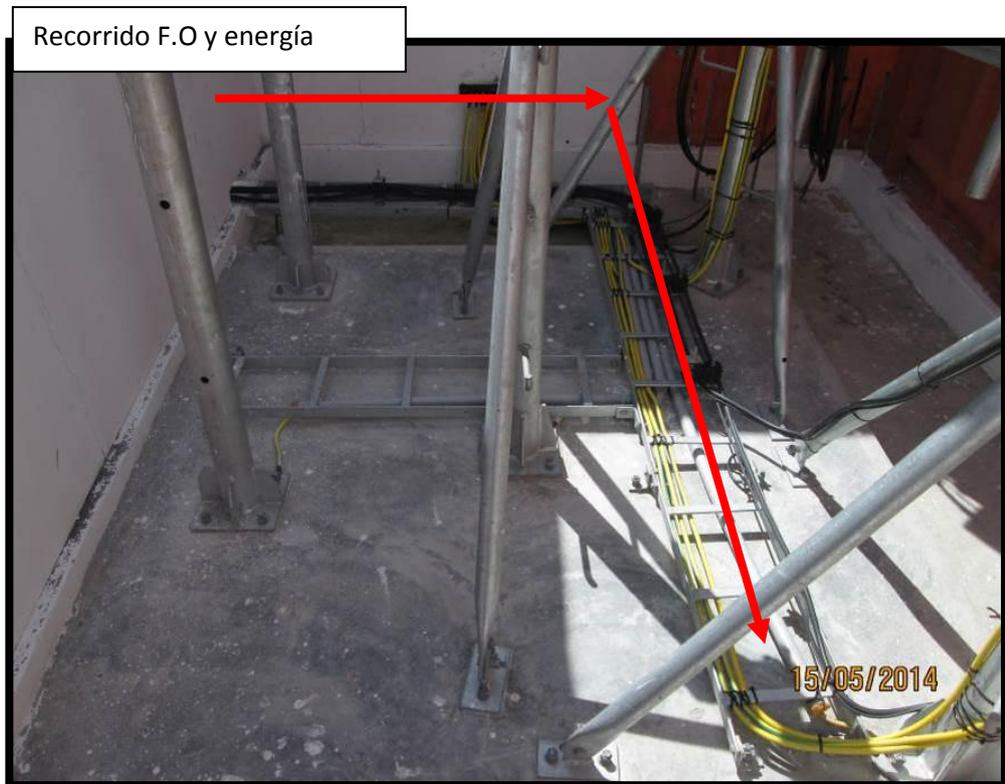
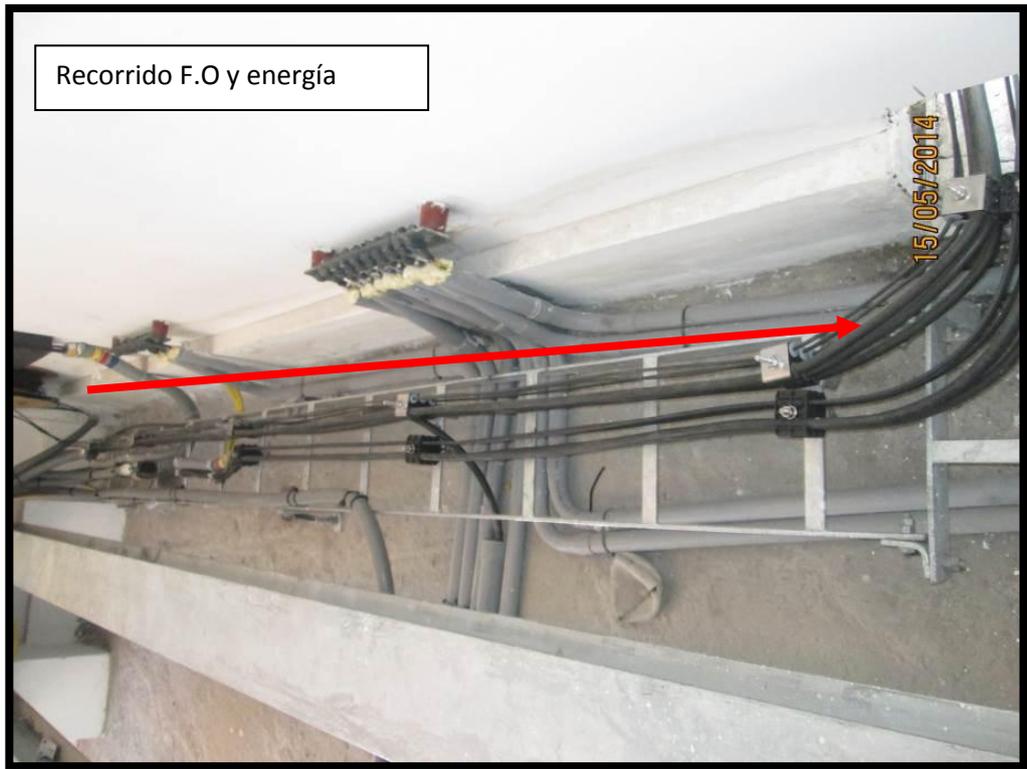


FIGURA N° 3.11: ESPACIO EXISTENTE PARA EL RECORRIDO DEL CABLE DE F.O Y D.C.

3.5. COMPONENTES Y EQUIPOS NECESARIOS

3.5.1. ANTENA SECTORIAL

Es un tipo de antena de microondas con un patrón de radiación en forma de sector generalmente de 60°, 90° y 120°, puede verse como la mezcla de las antenas direccionales y omnidireccionales.

Este tipo de antena emite un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. El alcance de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional.

Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) debemos instalar 3 antenas sectoriales de 120°.

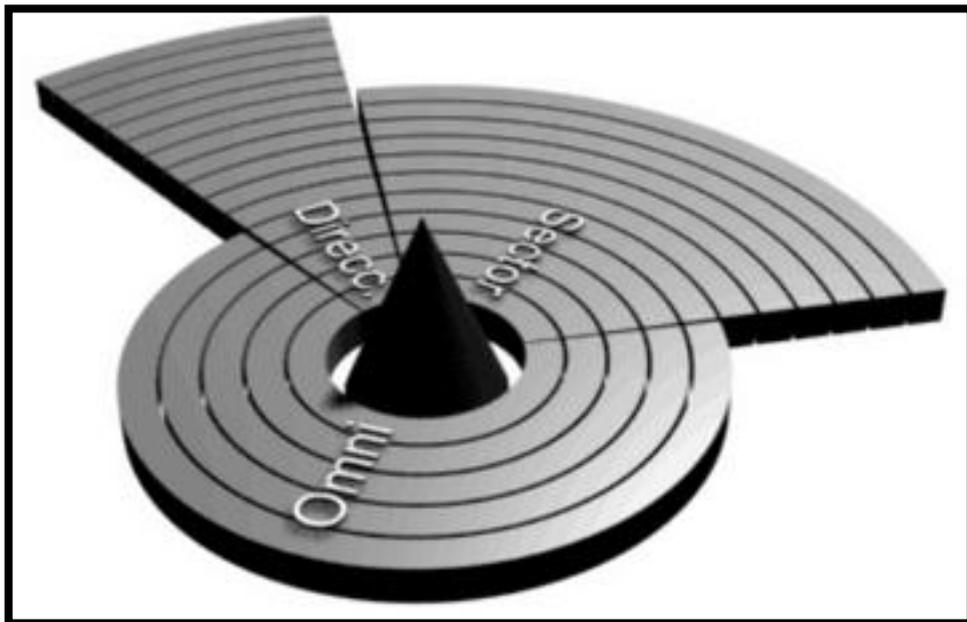


FIGURA N° 3.12: DIFERENCIAS ENTRE ANTENA DIRECCIONAL, SECTORIAL Y OMNIDIRECCIONAL.

En el caso de la instalación 4G, se utiliza antenas TRIBAND ya que cuentan con 4 puertos (2 bandas para el rango de frecuencia 1710-2170Mhz)



FIGURA N° 3.13: ANTENA TRIBANDA USADA PARA COBERTURA LTE.

3.5.2. EQUIPPED CABINET/RBS 6601

La RBS 6601 deriva del nombre (solución remota principal), es un sistema optimizado diseñado para ofrecer un alto rendimiento de la radio para la planificación celular, eficiente para una amplia gama de aplicaciones en interiores y al aire libre (indoor y outdoor). la RBS principal remoto va conectada a cada RRU, esta debe de encontrarse cerca de una antena, lo cual reduce las pérdidas de conexión y permite que el sistema utilice la misma red de alto rendimiento características de potencia de salida inferior , lo que reduce

el consumo de energía y ambos el capital y los gastos operativos . Hasta doce unidades de radio remota (RRU) pueden estar conectados a una unidad principal (MU) para que coincida con los requisitos del sitio.



FIGURA N° 3.14: UNIDAD PRINCIPAL (MU) y UNIDAD DE RADIO REMOTA (RRU).

La unidad principal de RBS 6601 es el procesador que demodula la información recibida y asigna el número de CE a cada nodo B, es decir realiza toda la parte lógica. La parte lógica se refiere a realizar todo el procesado en banda base. Está diseñado para entornos de interior, de preferencia montado en un bastidor de 19 pulgadas. Uno DUW o dos DUG / DUL pueden ser alojados en una Unidad principal RBS 6601.

Algunas de las características clave de la unidad principal RBS 6601 son:

- Distribución de potencia de -48 VDC.
- Sistema Climático incluyendo ventiladores incorporados y parte de control

Además de la RBS 6601 también proporciona un número incorporado limitado de conexiones de alarma al cliente, así como la conexión a un soporte externo Unidad de alarma (SAU).

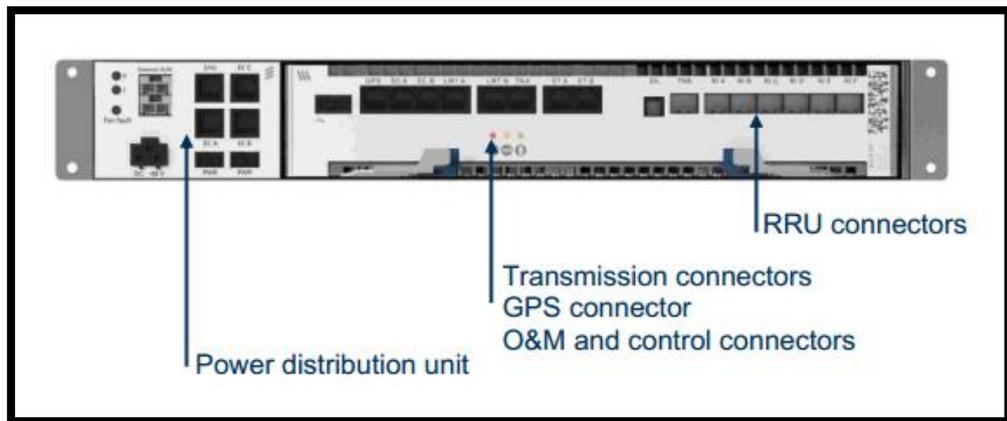


FIGURA N° 3.15: UNIDAD PRINCIPAL (MU) CON DUW

3.5.2.1. MU para LTE

El DUL (tarjeta de interfaz) contiene a la banda de base, control y conmutación. El DUL soporta el tráfico variable en el tiempo.

Los Recursos de banda base se reunieron en el DUL, y la capacidad de los datos de alta velocidad pueden ser optimizados para adaptarse a los requisitos del operador para el tipo de usuario y el número de servicios.

El DUL estabiliza la señal de reloj extraída de la conexión de la red de transportes o equipos GPS externa opcional y lo utiliza para sincronizar la RBS.

El DUL ofrece:

- Conectividad IP completa
- Una interfaz de red de transporte Ethernet gigabit

3.5.3. TRANSCIVERS/RRUS (UNIDAD REMOTA DE RADIO)

La RRU se encarga de la parte del hardware (amplificación de la señal recibida). Se sitúa en la parte baja de una torre (BTS/nodo B), normalmente en una caseta o bastidor. Los datos se transmiten mediante fibra óptica hasta la MU. La RRU es un amplificador de señal, no puede llevar a cabo su

funcionalidad si no tiene una o varias tarjetas instaladas en las ranuras de la MU, las cuales proporcionan el número de CE que se le asigna al nodo B.



FIGURA N° 3.16: RRU'S PARA 4G DE ERICSSON.

3.5.4. CABLE DE ENERGÍA DC

Se requiere cable 8AWG para energizar la MU, este tipo de cable consta de un par de cables que energizaran con -48VDC a las MU y RRU's. El cable 2*10 es utilizado para energizar el BY PASS.



FIGURA N° 3.17: MODELOS DE CABLE PARA ENERGIZADO EN DC.

3.5.5. GRAPAS PARA F.O

Estas grapas cuentan con dos orificios tanto para la F.O como para el cable de energía que subirá hasta el sistema radiante existente donde se ubicara las nuevas RRU's.



FIGURA N° 3.18: GRAPAS USADAS PARA SUJECIÓN DE F.O Y D.C.

3.5.6. CABLE DE F.O

La fibra óptica es un medio de transmisión, empleado habitualmente en redes de datos, consistente en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. Para el caso de la implementación 4G en la provincia de Huancayo se utiliza fibra óptica multimodo (MM 50/125 micras de índice gradual), ya que se aplica para cableados de área local (LAN) con video, datos y voz, utilizando LED, VCSEL o LASER FABRY PEROT.

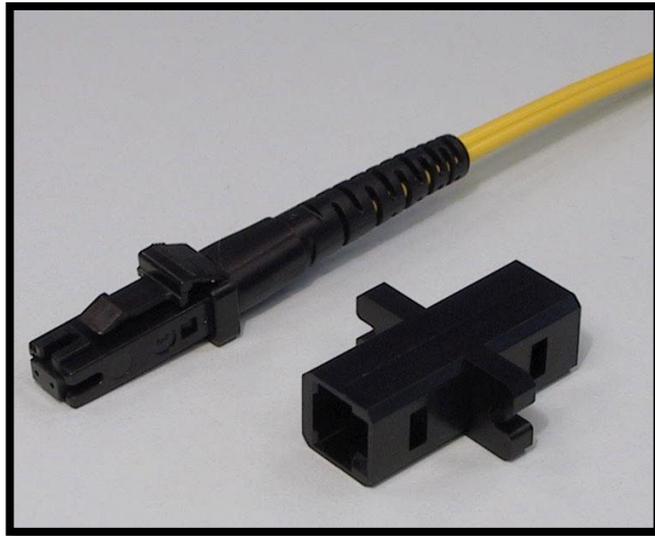


FIGURA N° 3.19: F.O UTILIZADA PARA LA CONEXIÓN DE LA MU.

3.5.7. CABLE COAXIAL DE ½" PARA ANTENA Y RRU'S

Se utilizan cables coaxiales flexibles ya que en las frecuencias altas, sus pérdidas por radiación y pérdidas dieléctricas, así como su susceptibilidad a la interferencia externa son mínimas. Por lo tanto, estos feeders se utilizan extensamente, para aplicaciones de alta frecuencia, para reducir las pérdidas y para aislar las trayectorias de transmisión. El cable coaxial básico consiste de un conductor central rodeado por un conductor exterior concéntrico (distancia uniforme del centro). A frecuencias de operación relativamente altas, el conductor coaxial externo proporciona una excelente protección contra la interferencia externa.

3.5.8. CONECTORES PARA CABLE DE ALIMENTACIÓN DEL 1/2"

Más conocidos como DIN MACHO para cable coaxial de ½" son enroscados en el cable coaxial ajustándolo con un torque de 16mN con la llave manométrica.



FIGURA N° 3.20: FEEDER DE ½ O JUMPERS DE ½ Y CONECTORES

3.6. PROCESO DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS 4G LTE EN LA ESTACIÓN PLAZA HUANCAYO

3.6.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE

Se hace un estudio previo (TSS: TEST SITE SURVEY) para ver la factibilidad de la nueva instalación 4G en la estación existente, para ello se utilizan algunas herramientas (brújula, llaves thor, GPS, cámara fotográfica, wincha de 5m y 50m, desarmadores, multímetro) para tomar todos los datos correspondientes y así llevar a cabo un informe general que permita al cliente tener un conocimiento de los equipos con los que cuentan y cuan necesario es reacomodar o simplemente instalar los nuevos equipos de LTE.



FIGURA N° 3.21: MATERIALES UTILIZADOS PARA TSS

3.6.2. ARMADO DE EQUIPOS 4G

Los equipos 4G como la MU y RRU'S deben ser armados en sala antes de ser instalados, para el caso de la MU esta debe ser completada según el manual, es decir las tarjetas deben de ser insertadas, la tarjeta DUS y la tarjeta SUP deben ser insertadas a la RBS 6601. Luego se debe energizar la RBS con -48VDC proveniente una caja BY PASS, que así mismo se energiza del gabinete rectificador existente. Las RRU's se deben de sujetar mediante brackets a los mástiles disponibles o BACK TO BACK a las antenas instaladas y designadas para 4G.

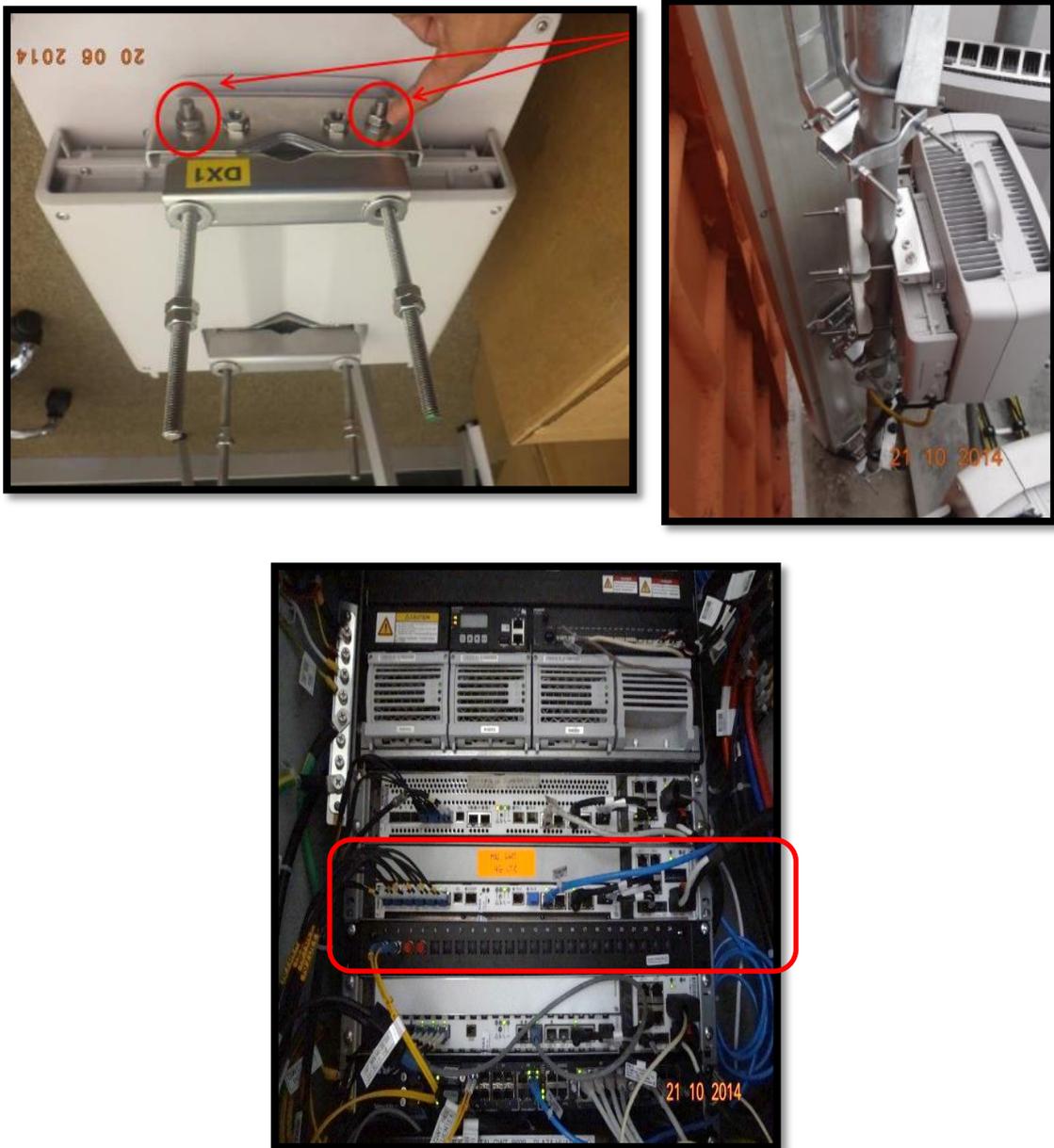


FIGURA N° 3.22: ARMADO Y SUJECIÓN DE LA MU Y LAS RRU'S

3.6.3. TORQUE DE LOS JUMPERS CON LAS RRU's Y VULCANIZADO.

Se debe de sujetar los jumper de 3m a las RRU's y a las antenas, de tal manera que debe de quedar ajustadas con la llave manométrica que es la que le da el torque, después de realizar este paso se encinta, vulcaniza y se vuelve a encintar con la finalidad de evitar que sufra corrosión o alteración de los fenómenos físicos.



FIGURA N° 3.23: TORQUE, ENCINTADO Y VULCANIZADO DE LOS JUMPERS

3.6.4. CONEXIÓN DE LOS CABLES DE F.O Y D.C.

Se debe izar los cable de fibra óptica y los cables de energía para conectarlos en las RRU's , estos deben de subir por la escalerilla vertical existente especial para el ascenso de los cables de energía, luego del ascenso y la conexión, los cables deben de ser grapeadas y sujetadas a la escalerilla para asi evitar futuros desprendimientos.

El conexionado de los cables de F.O debe de ser en la MU, en los puertos destinados para el mismo, existe en la MU 6 puertos destinados para la conexión de las fibras, estos se dirigen a las RRU'S instaladas en torre detrás de las antenas. El modulo optico como la fibra optica debe ser instalado en la posicion CPRI de la RRU.

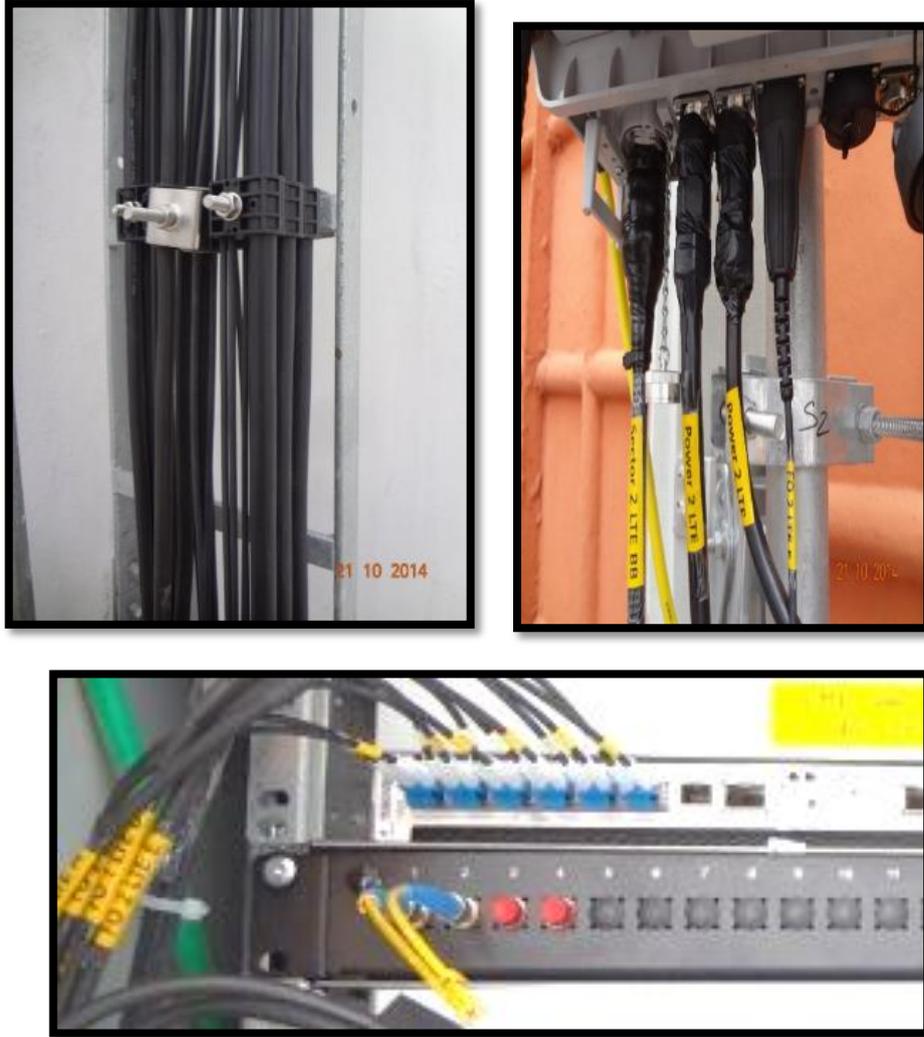


FIGURA N° 3.24: CONEXIÓN Y SUJECIÓN DE LOS CABLES DE F.O Y D.C.

3.6.5. UBICACIÓN DE NUEVOS BREACKERS

Los nuevos breackers que energizaran a la MU y 6 RRU(2x sector), son ubicados dentro de un nuevo BY PASS y adosado este a la pared, cerca al equipo rectificador. Con el fin de independizar tecnologías. Dentro de este BY PASS hay un breacker de 63A, que está conectado directamente del rectificador, ya que de aquí es que energiza a un breacker de 16A para la MU y 3 breacker de 20A para las RRU A2(La principal).



FIGURA N° 3.25: UBICACIÓN DE NUEVO BY PASS PARA 4G.

3.6.6. CONEXIÓN DEL CABLE DE TRANSMISION

El cable de transmisión debe de ser conectado al puerto Ethernet del DUS ubicado en la RBS 6601, el cable debe de ser CAT6, este permitirá mantener la comunicación entre la MSC con la estación base.

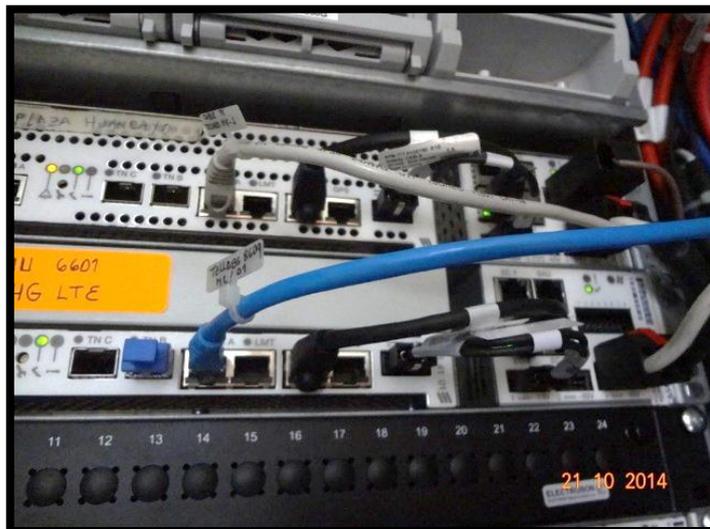


FIGURA N° 3.26: CONEXIÓN DEL CABLE DE TX.

3.6.7. ATERRAMIENTO DE EQUIPOS

Los equipos instalados deben de estar aterrados, el cable GND de la RRU debe aterrarse a la barra de tierra mas cercana. Asimismo las antenas deben de aterrarse con el fin de no dañar los equipos por el voltaje proveniente de frentes de onda, rayos o contacto no intencional con lineas de voltaje, haciendo que se establezca el voltaje a tierra durante la operación normal.

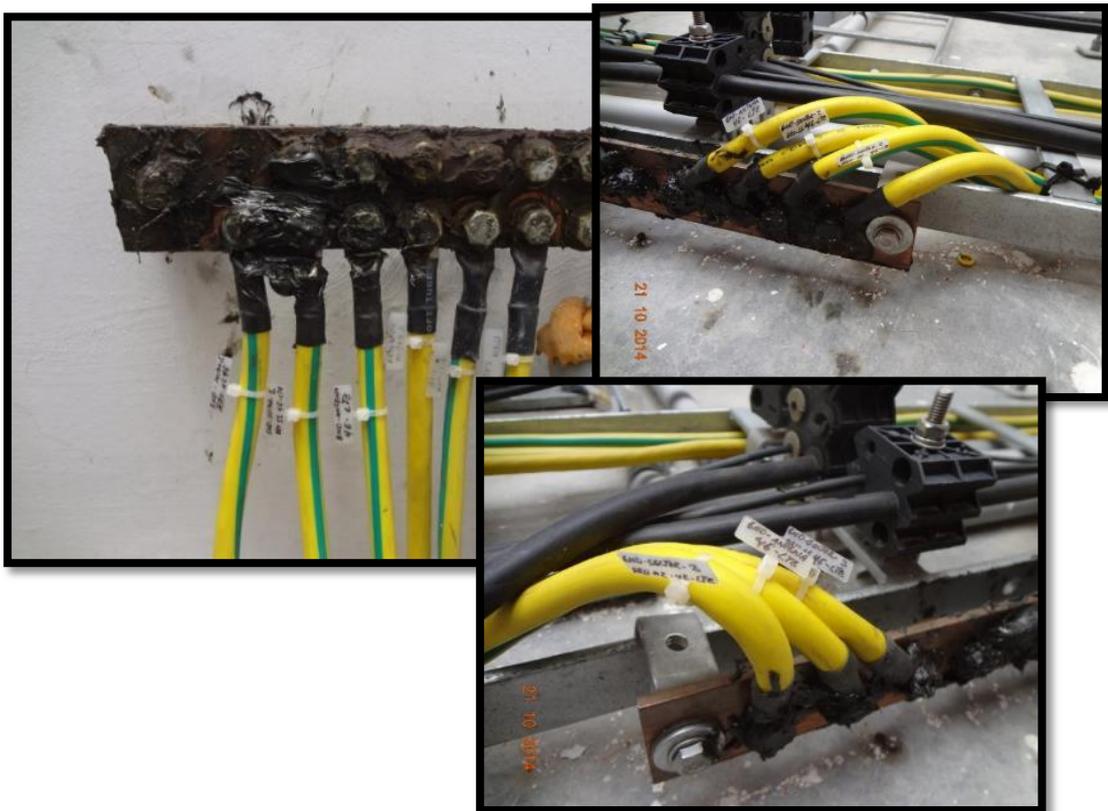


FIGURA N° 3.27: ATERRAMIENTO DE EQUIPOS.

3.6.8. ETIQUETADO DE JUMPERS, FIBRA OPTICA Y CABLE DC

Los jumpers vienen de fabrica de 3m y son especialmente para la conexión entre las RRU'S y las antenas. Estos latiguillos (nombre comun) deben de ser instalados deacuerdo al siguiente esquema:

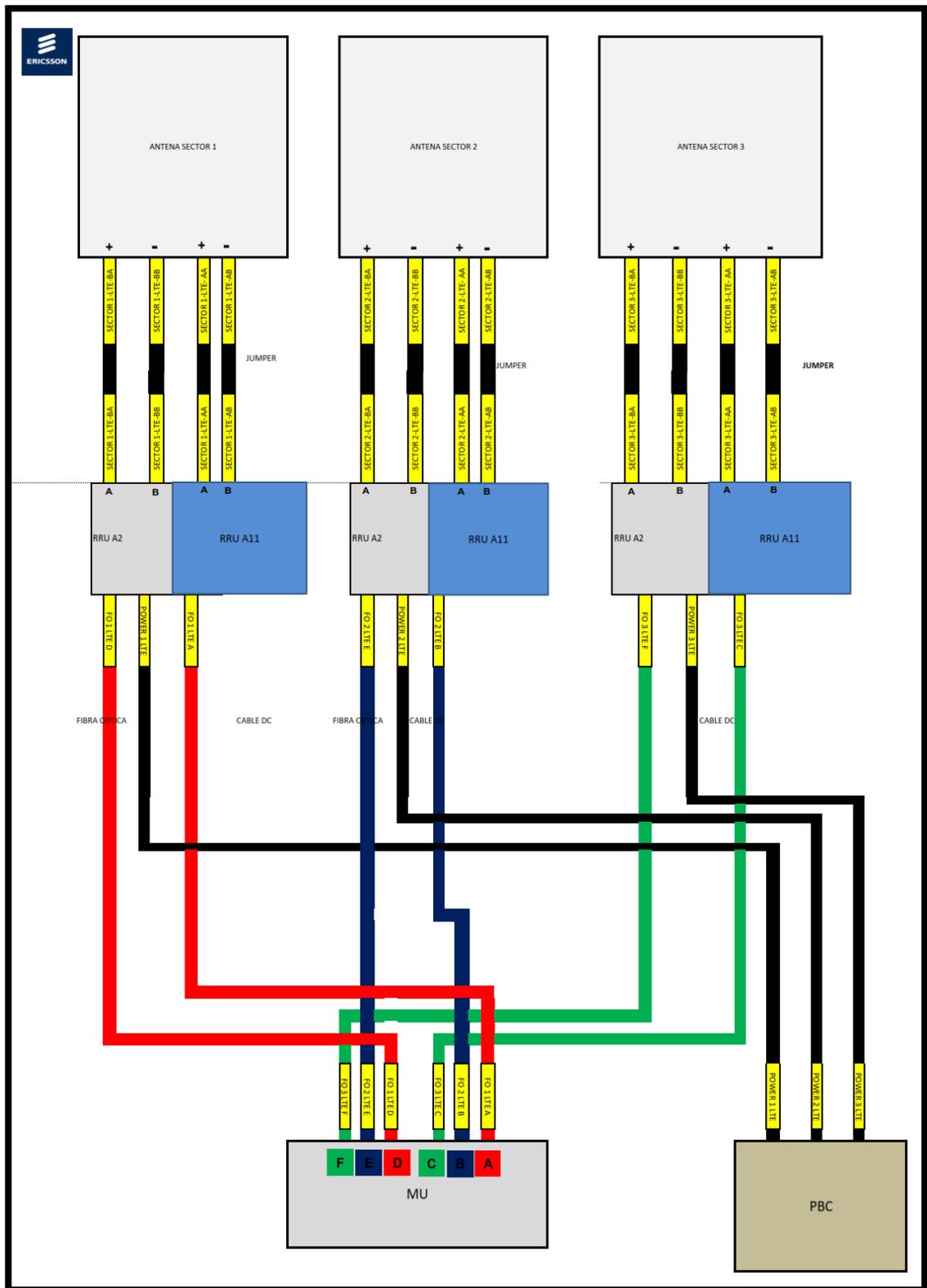


FIGURA N° 3.28: CONEXIONADO DE F.O Y ENERGÍA.

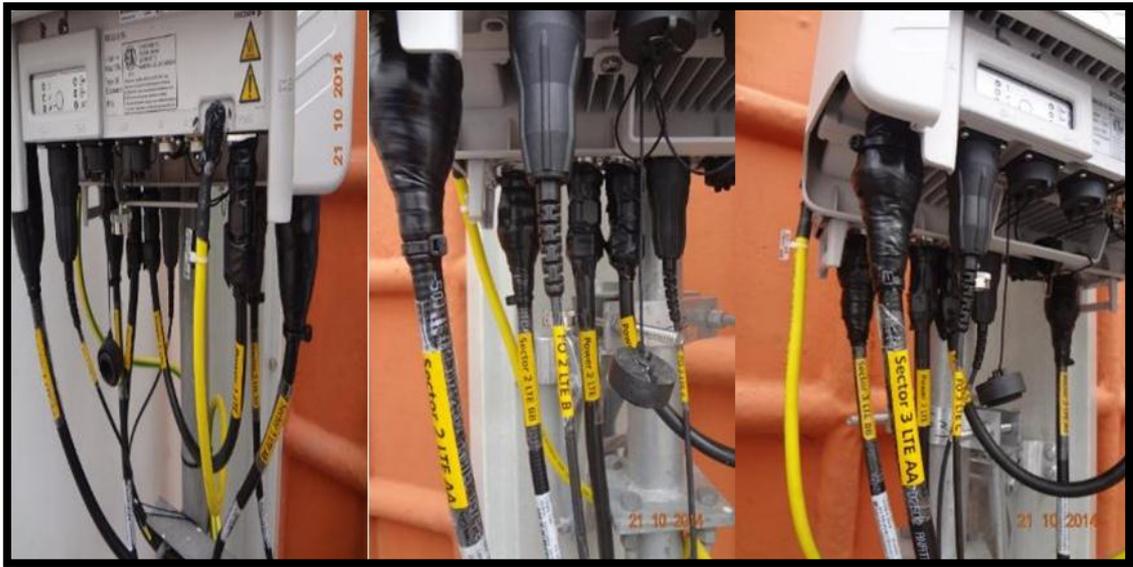


FIGURA N° 3.29: ETIQUETADO DE F.O, D.C.

3.6.9. TOMA DE FOTOS FINALES (CALIDAD DE INSTALACION)

La instalacion finalizada, se observa que en el mastil libre indicado inicialmente se instalo la antena triband con la RRU 4G back to back es decir destras de ella por cada sector.

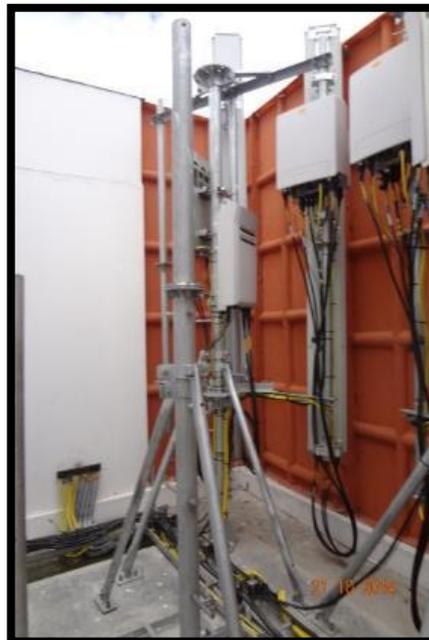


FIGURA N° 3.30: INSTALACIÓN COMPLETA 4G EN MASTIL.

CONCLUSIONES

La implementación de la tecnología 4G permite que la población se encuentre comunicada, siendo Huancayo uno de las provincias más pobladas del Perú, la necesidad de mantenerse en comunicación ya sea por comercio, consultas y negocios, obliga a aumentar la cantidad de celdas por tanto la instalación de equipos capaces de soportar el tráfico de la red, por ende estos equipos fueron instalados dentro de la estación base tanto en sala de equipos como en el sistema radiante (torre).

La tecnología 4G tiene un fin no solo de llevar llamadas y recibirlas, si no de transmitir datos y entregar servicios de internet móvil, ya que entrega grandes velocidades de carga y descarga de hasta 100Mbps, aumentando la eficiencia espectral con un ancho de banda más amplio para acceder a los servicios de internet móvil, con solo el uso de un equipo móvil y las estaciones base existentes.

Los equipos ERICSSON son elegidos por TDP para las implementaciones en provincias debido a su robustez ante los efectos climáticos propios de cada ciudad, dichos equipos consta de una MU (main unit) que va en sala y permite gestionar el tráfico de la red, la sincronización y el procesamiento de las señales, las RRU's van adosados a mástiles en torre, estos permiten convertir las señales de RF en señales digitales y/o viceversa.

La implementación consistió en instalar equipos en sala como en torre, de acuerdo a lo proporcionado por el cliente ERICSSON, la MU6601 se instaló en el equipo rectificador existente, y las RRU's en torre lo más cerca a las antenas existentes con 4 puertos (2 bandas de frecuencia), esta implementación 4G es una de las realizadas recientemente, ya que después de la determinación de las bandas licenciadas por el estado se aceleró para la puesta en servicio el año 2014-2015.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de esta tecnología ya que usa una red 100% IP, además del uso de los teléfonos Smartphone con capacidad y características de 4G, ya que estos son los que tienen la posibilidad de brindar tales servicios propios de la tecnología y así disfrutar de grandes velocidades de descarga y mínimos periodos de latencia.
- Se recomienda el uso de la tecnología LTE ya que presente una mayor velocidad de transmisión, puesto que puede transmitir datos en distintas velocidades de hasta 100Mbps.
- Es recomendable el uso de los equipos ERICSSON para provincia, ya que son más robustos ante las adversidades climáticas, y en la mayoría de los casos son para instalaciones outdoor ya que sus características físicas la hacen resistentes a la intemperie.
- Se recomienda hacer primero un levantamiento de información de los equipos ya existentes 2G y 3G en la estación que se va a implementar con la tecnología 4G. Además se recomienda leer el manual de instalación para el armado y ubicación de equipos tanto en sala como en torre, cabe resaltar que se debe verificar las normas de seguridad y calidad implantadas por ERICSSON.

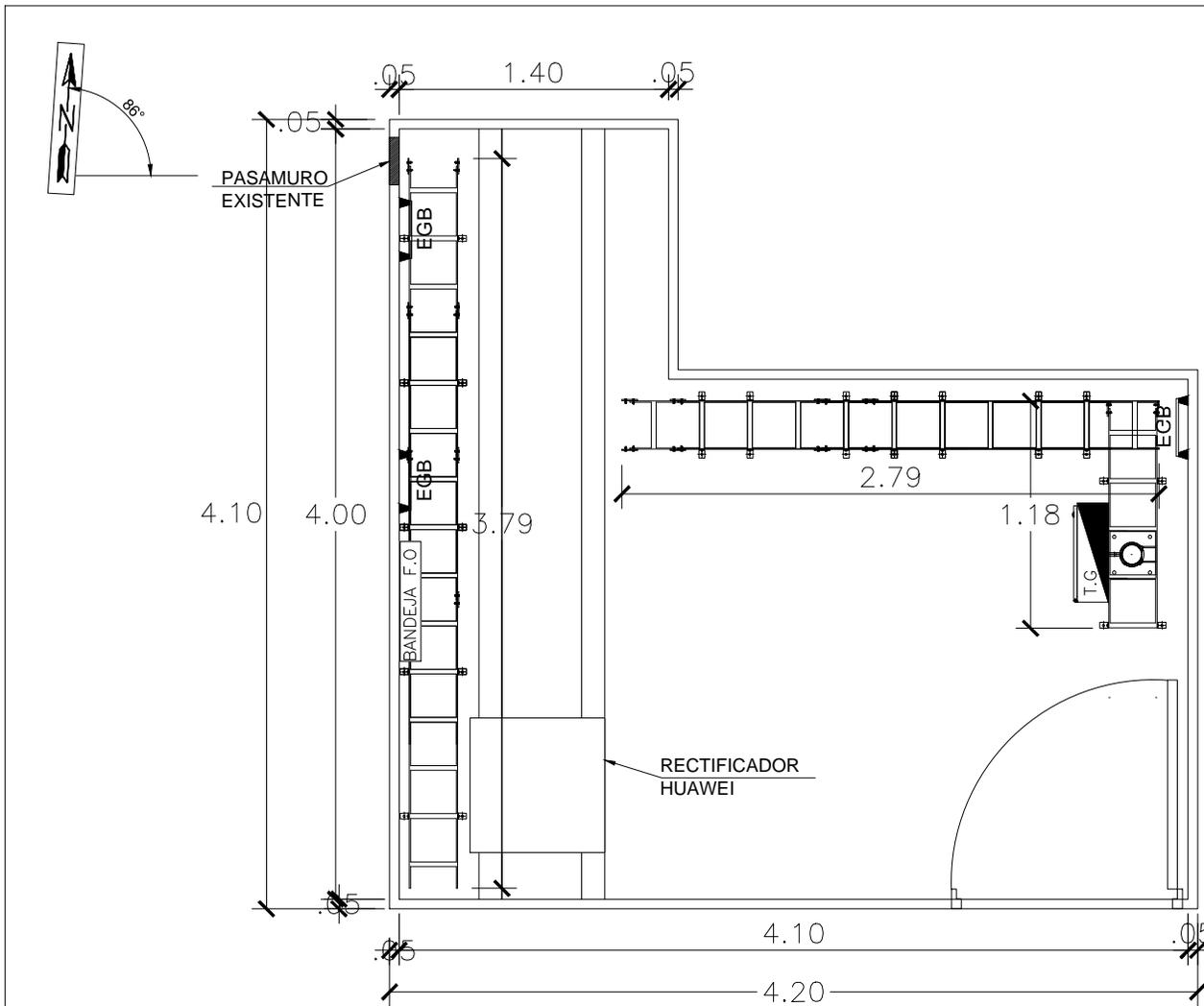
BIBLIOGRAFÍA

- Ponce A. [2011]. Localización óptima de antenas para una empresa de Telecomunicaciones en el Callao. Perú.
- Chavarría V. [2011]. Requerimientos de parámetros para transporte de redes. Chile.
- Téllez y García T. [2013]. Despliegue de una red LTE en una zona rural al sur este de Madrid. España.
- Portilla F. [2004]. Contribución al diseño de redes móviles de 3ra generación con tecnología WCDMA. España.
- MTC [2014]. Registro Nacional de Frecuencias. Perú.
- Figueras E. [2013]. Tecnología LTE. Perú.

ANEXOS

ANEXO 1:
DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN EXISTENTE.
(Dibujo CAD)

ANTE



SALA DE GABINETE ANTES DE LA INSTALACION
ESCALA 1/100

LEYENDA:

- Cable DC nuevo instalado —
- Cable F.O nuevo instalado —
- cable Tx nuevo instalado —
- cable GND nuevo instalado —

PROPIETARIO:
Telefónica
Móviles

DISENO Y CONSTRUCCION:
ERICSSON

IMPLEMENTACION:

LA INFORMACION CONTENIDA
EN ESTE DOCUMENTO ES
PROPIEDAD DE BISETEL S.A.C.
Y SU REPRODUCCION
ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

REVISADO POR:	FECHA:
1	
2	
3	
4	

ESTACION:
EBC
PLAZA_HYO

UBICACION:
CALLE REAL 417
HUANCAYO - HUANCAYO
JUNIN

COORDENADAS:
LATITUD: 12° 54' 5.4"
LONGITUD: 75° 12' 28.4"

TECNOLOGIA:
4G - LTE

ETAPA:
INSTALACION

RESPONSABLE DE OBRA:
SIERRA NARRO MARISABEL

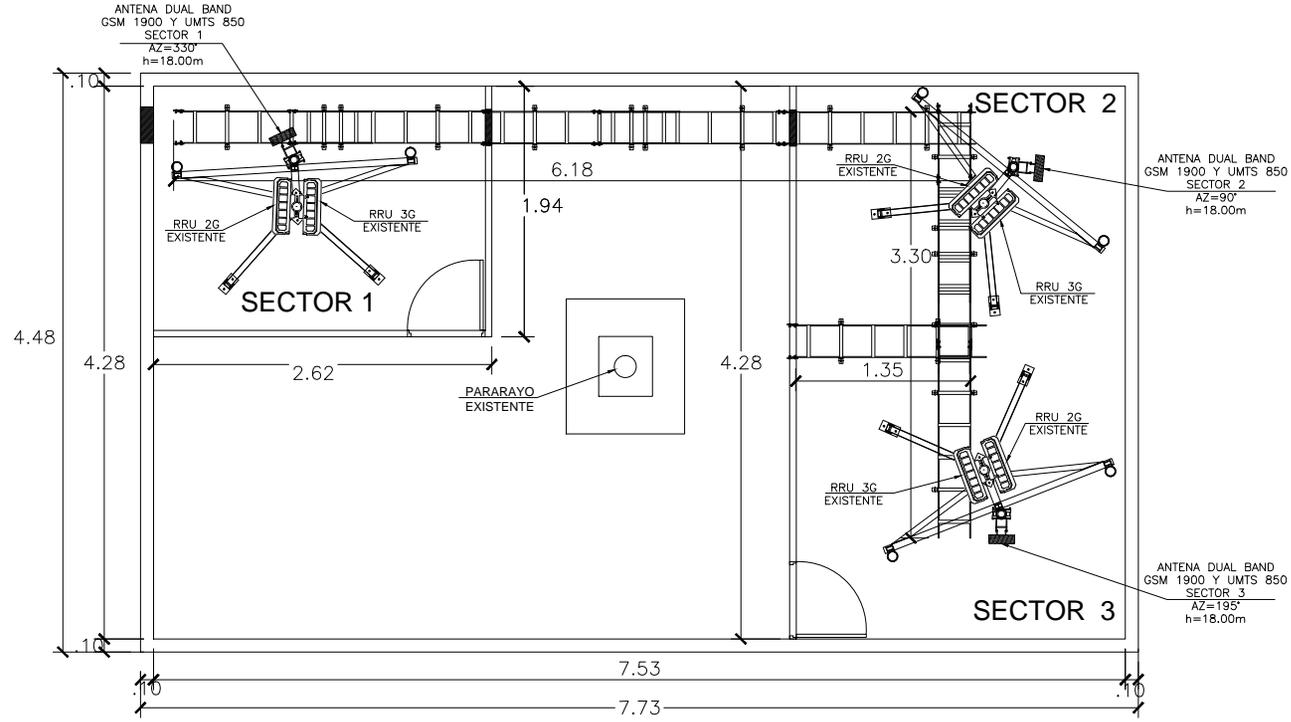
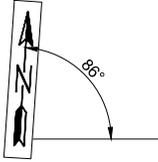
ESPECIALIDAD:
TELECOMUNICACIONES

PLANO:
SALA DE EQUIPOS
EXISTENTE

NÚMERO DE LÁMINA:
A-01

DIBUJADO POR:
SIERRA NARRO MARISABEL

ESCALA: INDICADA	FECHA: 18/09/14
---------------------	--------------------



SALA DE ANTENAS ANTES DE LA INSTALACION
ESCALA 1/100

LEYENDA:

Cable DC nuevo instalado	—
Cable F.O nuevo instalado	—
cable Tx nuevo instalado	—
cable GND nuevo instalado	—

PROPIETARIO:
Telefónica Móviles

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN:
ERICSSON

IMPLEMENTACION:

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE BISATEL S.A.C. Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

REVISADO POR:	FECHA:
1	
2	
3	
4	

ESTACIÓN:
EBC PLAZA_HYO

UBICACIÓN:
CALLE REAL 417
HUANCAYO - HUANCAYO JUNIN

COORDENADAS:
LATITUD: 12° 54' 5.4"
LONGITUD: 75° 12' 28.4"

TECNOLOGIA:
4G - LTE

ETAPA:
INSTALACION

RESPONSABLE DE OBRA:
SIERRA NARRO MARISABEL

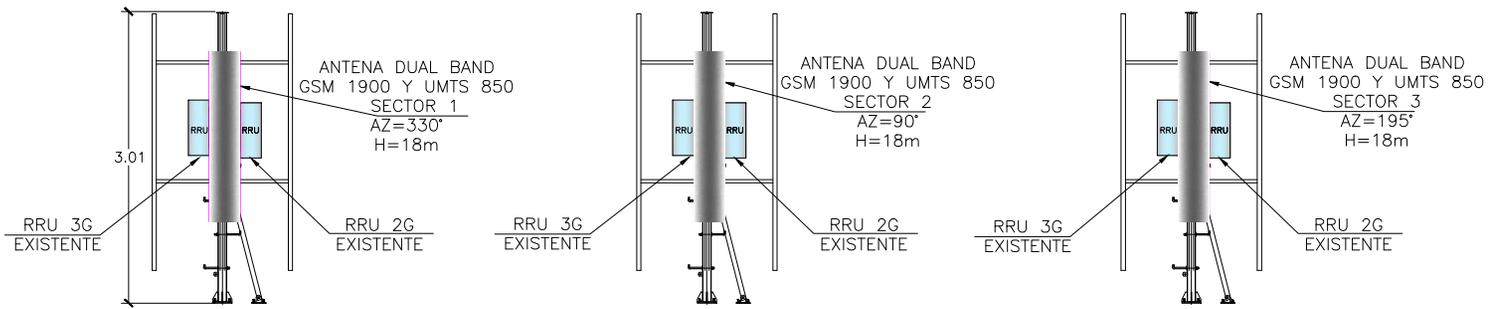
ESPECIALIDAD:
TELECOMUNICACIONES

PLANO:
SISTEMA RADIANTE EXISTENTE

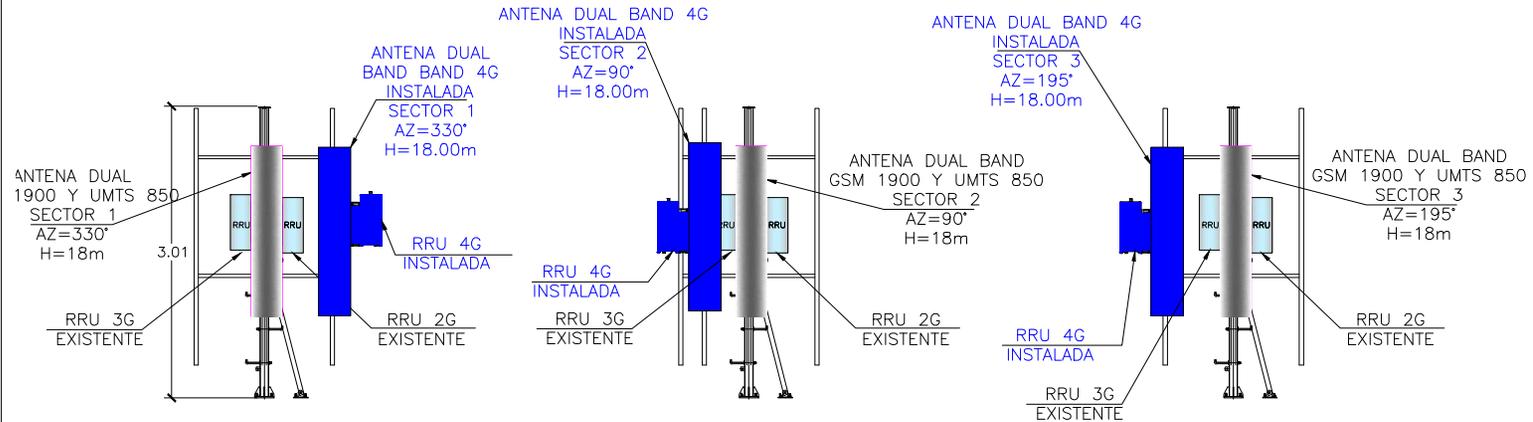
NÚMERO DE LÁMINA:
A-02

DIBUJADO POR:
SIERRA NARRO MARISABEL

ESCALA:	FECHA:
INDICADA	18/09/14



ELEVACION DE ANTENAS ANTES DE LA INSTALACION
 ESCALA 1/100



ELEVACION DE ANTENAS DESPUES DE LA INSTALACION
 ESCALA 1/100

LEYENDA:

Cable DC nuevo instalado	
Cable F.O nuevo instalado	
cable Tx nuevo instalado	
cable GND nuevo instalado	

PROPIETARIO:
Telefónica
 Móviles

DISENO Y CONSTRUCCION:

ERICSSON

IMPLEMENTACION:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE BISATEL S.A.C. Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

REVISADO POR:	FECHA:
1	
2	
3	
4	

ESTACION:
EBC
PLAZA_HYO

UBICACION:
 CALLE REAL 417
 HUANCAYO - HUANCAYO
 JUNIN

COORDENADAS:
 LATITUD: 12° 54' 5.4"
 LONGITUD: 75° 12' 28.4"

TECNOLOGIA:
 4G - LTE

ETAPA:
 INSTALACION

RESPONSABLE DE OBRA:
 SIERRA NARRO MARISABEL

ESPECIALIDAD:
 TELECOMUNICACIONES

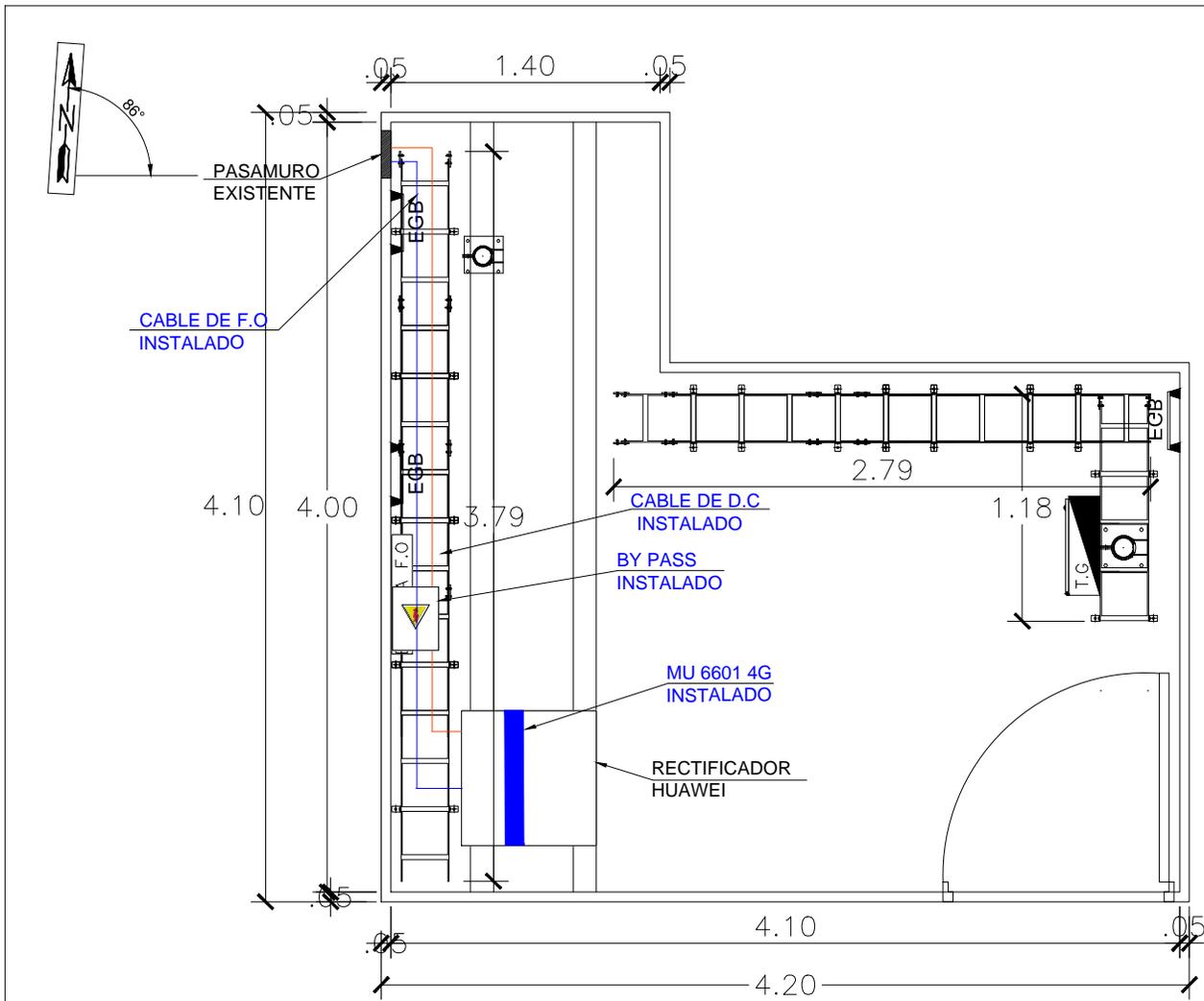
PLANO:
 ELEVACION DE TORRE EXISTENTE

NÚMERO DE LÁMINA:
A-03

DIBUJADO POR:
 SIERRA NARRO MARISABEL

ESCALA: INDICADA
 FECHA: 18/09/14

ANEXO 2:
DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS INSTALADOS 4G
(Dibujo CAD)



SALA DE GABINETE DESPUES DE LA INSTALACION
ESCALA 1/100

LEYENDA:

Cable DC nuevo instalado	
Cable F.O nuevo instalado	
cable Tx nuevo instalado	
cable GND nuevo instalado	

PROPIETARIO:
Telefónica Móviles

DISÑO Y CONSTRUCCIÓN:
ERICSSON

IMPLEMENTACION:

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE BISYTEL S.A.C. Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

REVISADO POR:	FECHA:
1	
2	
3	
4	

ESTACION:
EBC PLAZA_HYO

UBICACION:
CALLE REAL 417 HUANCAYO - HUANCAYO JUNIN

COORDENADAS:
LATITUD: 12° 54' 5.4"
LONGITUD: 75° 12' 28.4"

TECNOLOGIA:
4G - LTE

ETAPA:
INSTALACION

RESPONSABLE DE OBRA:
SIERRA NARRO MARISABEL

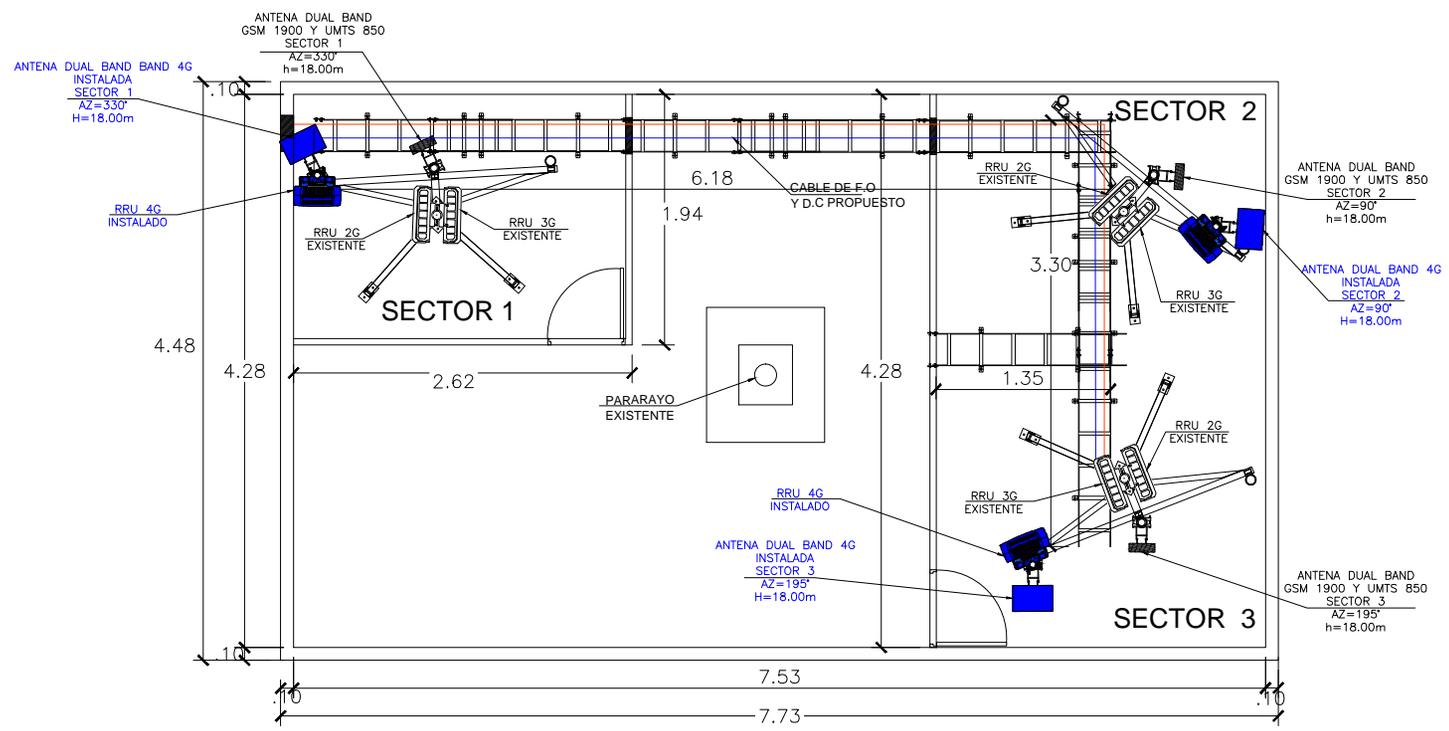
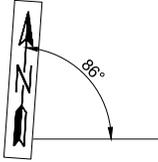
ESPECIALIDAD:
TELECOMUNICACIONES

PLANO:
SALA DE EQUIPOS INSTALADO

NÚMERO DE LÁMINA:
A-01

DIBUJADO POR:
SIERRA NARRO MARISABEL

ESCALA:	FECHA:
INDICADA	18/09/14



SALA DE ANTENAS DESPUES DE LA INSTALACION
ESCALA 1/100

LEYENDA:

Cable DC nuevo instalado	—
Cable F.O nuevo instalado	—
cable Tx nuevo instalado	—
cable GND nuevo instalado	—

PROPIETARIO:
Telefónica Móviles

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN:
ERICSSON

IMPLEMENTACION:

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE BISETEL S.A.C. Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

REVISADO POR:	FECHA:
1	
2	
3	
4	

ESTACIÓN:
EBC PLAZA_HYO

UBICACIÓN:
CALLE REAL 417
HUANCAYO - HUANCAYO JUNIN

COORDENADAS:
LATITUD: 12° 04' 54.4"
LONGITUD: 75° 12' 28.4"

TECNOLOGIA:
4G - LTE

ETAPA:
INSTALACION

RESPONSABLE DE OBRA:
SIERRA NARRO MARISABEL

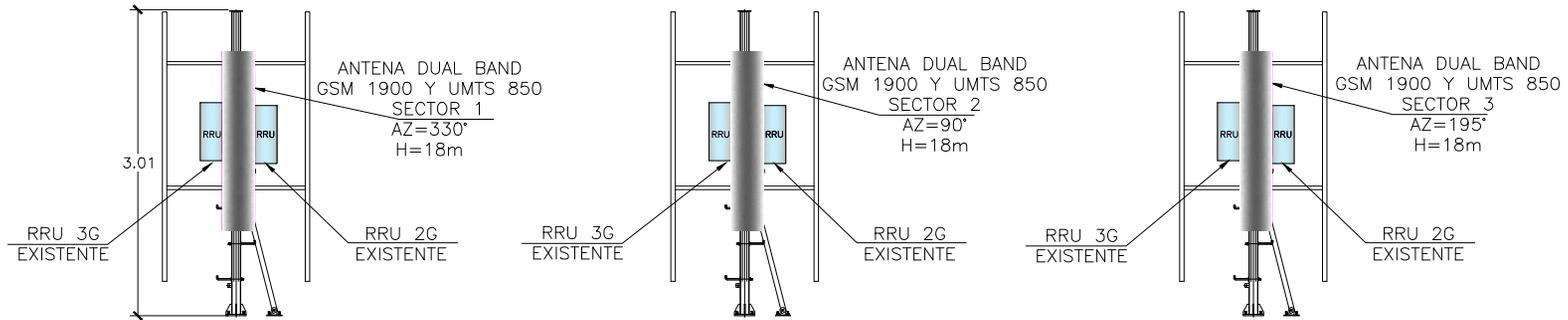
ESPECIALIDAD:
TELECOMUNICACIONES

PLANO:
SISTEMA RADIANTE INSTALADO

NÚMERO DE LÁMINA:
A-02

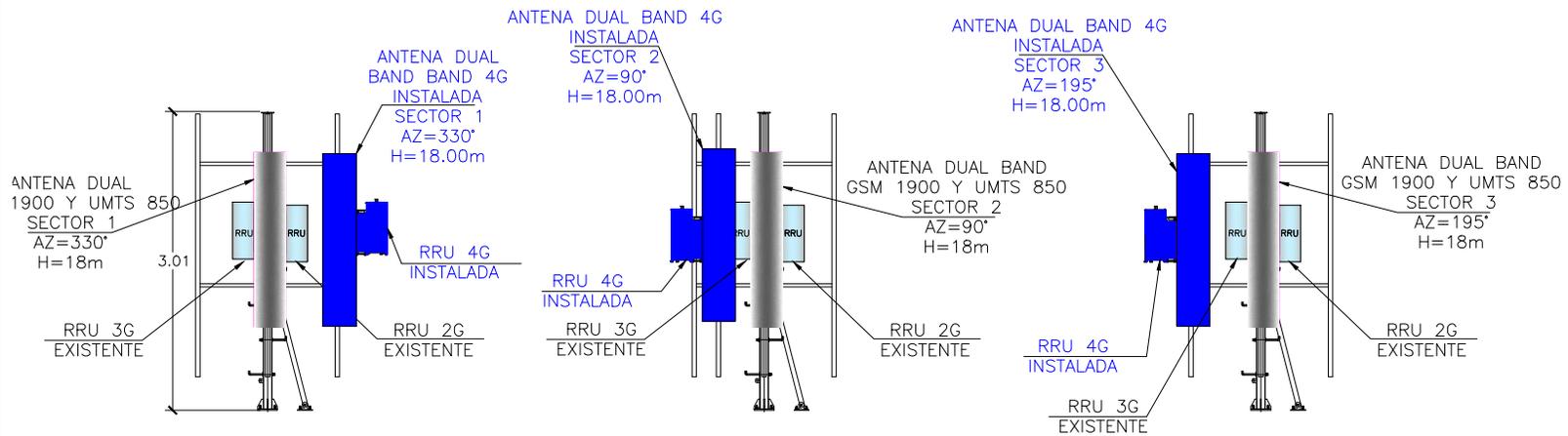
DIBUJADO POR:
SIERRA NARRO MARISABEL

ESCALA:	FECHA:
INDICADA	18/09/14



ELEVACION DE ANTENAS ANTES DE LA INSTALACION

ESCALA 1/100



ELEVACION DE ANTENAS DESPUES DE LA INSTALACION

ESCALA 1/100

LEYENDA:

Cable DC nuevo instalado	—
Cable F.O nuevo instalado	—
cable Tx nuevo instalado	—
cable GND nuevo instalado	—



IMPLEMENTACION:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE BISETEL S.A.C. Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

REVISADO POR:	FECHA:
1	
2	
3	
4	

ESTACION: **EBC PLAZA_HYO**

UBICACION: **CALLE REAL 417 HUANCAYO - HUANCAYO JUNIN**

COORDENADAS: **LATITUD: 12° 04' 6.4" LONGITUD: 79° 12' 39.4"**

TECNOLOGIA: **4G - LTE**

ETAPA: **INSTALACION**

RESPONSABLE DE OBRA: **SIERRA NARRO MARISABEL**

ESPECIALIDAD: **TELECOMUNICACIONES**

PLANO: **ELEVACION DE TORRE INSTALADO**

NUMERO DE LAMINA: **A-03**

DIBUJADO POR: **SIERRA NARRO MARISABEL**

ESCALA:	FECHA:
INDICADA	18/09/14

ANEXO 3:
DATASHEET DE ANTENA UTILIZADA

C-TBW-65806580-x

XXX-Pol | VET Panel | 65°/65°/65° | 16.9 / 17.3 / 17.2 dBi

Ordering Options					
When ordering...	Replace "x" with "M" for Manual Electrical Tilt or "R" for Remote Electrical Tilt				
Manual Electrical Tilt Antenna	C-TBW-65806580-M				
Remote Electrical Tilt Antenna	C-TBW-65806580-R				
Electrical Characteristics		790-960 MHz		2 x 1710-2170 MHz	
Frequency bands	790-896 MHz	890-960 MHz	1710-1880 MHz	1885-1990 MHz	1920-2170 MHz
Polarization	±45°		±45°		
Horizontal beamwidth	66°	65°	65°	64°	63°
Vertical beamwidth	6.2°	7.5°	Top: 6.6° Bottom: 7.5°	Top: 6.2° Bottom: 7.0°	Top: 5.6° Bottom: 6.5°
Gain	16.5 dBi	16.9 dBi	Top: 16.9 dBi Bottom: 16.8 dBi	Top: 17.3 dBi Bottom: 17.2 dBi	Top: 17.1 dBi Bottom: 17.0 dBi
Adjustable electrical downtilt	0° - 10°		0° - 10°		
Impedance	50Ω				
VSWR	≤ 1.5:1				
Sidelobe suppression (±)	0°...5°...10° 17...16...15 dB		0°...5°...10° Top: 16...16...15 dB Bottom: 17...15...13 dB		
Front-to-Back ratio	≥ 25 dB				
Isolation between ports	≥ 25 dB				
Isolation between bands	≥ 33 dB				
Cross polar discrimination (0°)	≥ 16 dB				
IM3 (2x43 dBm carrier)	< -150 dBc				
Maximum input power	500 W		300 W		
Lightning protection	DC Ground				
Connector(s)	6 Ports / 7/16 DIN / Female / Bottom				
Mechanical Characteristics					
Radome material	Fiberglass				
Radome color	Light Grey				
Dimensions LengthxWidthxDepth	2715 x 265 x 145 mm		106.9 x 10.4 x 5.7 in		
Weight with mounting brackets	44.3 kg		97.7 lbs		
Packaging dimensions LxWxD	3045 x 375 x 275 mm		120.0 x 14.8 x 10.8 in		
Packaging weight	50.3 kg		110.9 lbs		
Operational wind speed	150 km/hr		93.2 mph		
Maximum wind speed	200 km/hr		124.3 mph		
Operational humidity	≤ 90%				
Operating temperature	-50° to 70° C		-58° to 158° F		



Quoted performance parameters are provided to offer typical or range values only and may vary as a result of normal manufacturing and operational conditions. Extreme operational conditions and/or stress on structural supports is beyond our control. Such conditions may result in damage to this product. Improvements to product may be made without notice.

ANEXO 4:
MODO DE INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE LAS RRU'S

INSTALACIÓN RRU 11 Y RRU A2

EF

VISTA PANORÁMICA LATERAL DE INSTALACIÓN RRU11 Y RRU A2



SUPERVISOR T.I. ANDRÉS CARRILLO H.





INSTALACIÓN RRU 11 Y RRU A2



SE ALINEAN LAS 02 RRU'S



SUPERVISOR T.I. ANDRÉS CARRILLO H.



INSTALACIÓN RRU 11 Y RRU A2



EN LA PARTE SUPERIOR SE INSTALA EL BRACKET Y SE PROCEDE A FIJAR CON LOS TORNILLOS

EN LA PARTE INFERIOR SE PROCEDE FIJAR LAS 02 RRU'S CON LOS TORNILLOS



PARA FIJAR LOS BRACKET (SUPERIOR) QUE SUJETAN AL TUBO O MÁSTIL ES NECESARIO INSTALAR LAS TUERCAS CON SUS RESPECTIVAS ARANDELAS PLANAS

INSTALACIÓN RRU 11 Y RRU A2



PARA FIJAR LOS BRACKET (INFERIOR) QUE SUJETAN AL TUBO O MÁSTIL ES NECESARIO INSTALAR LAS TUERCAS CC SUS RESPECTIVAS ARANDELAS PLANAS



NECESARIO INSTALAR CONTRATUERCA EN LOS ESPÁRRAGOS



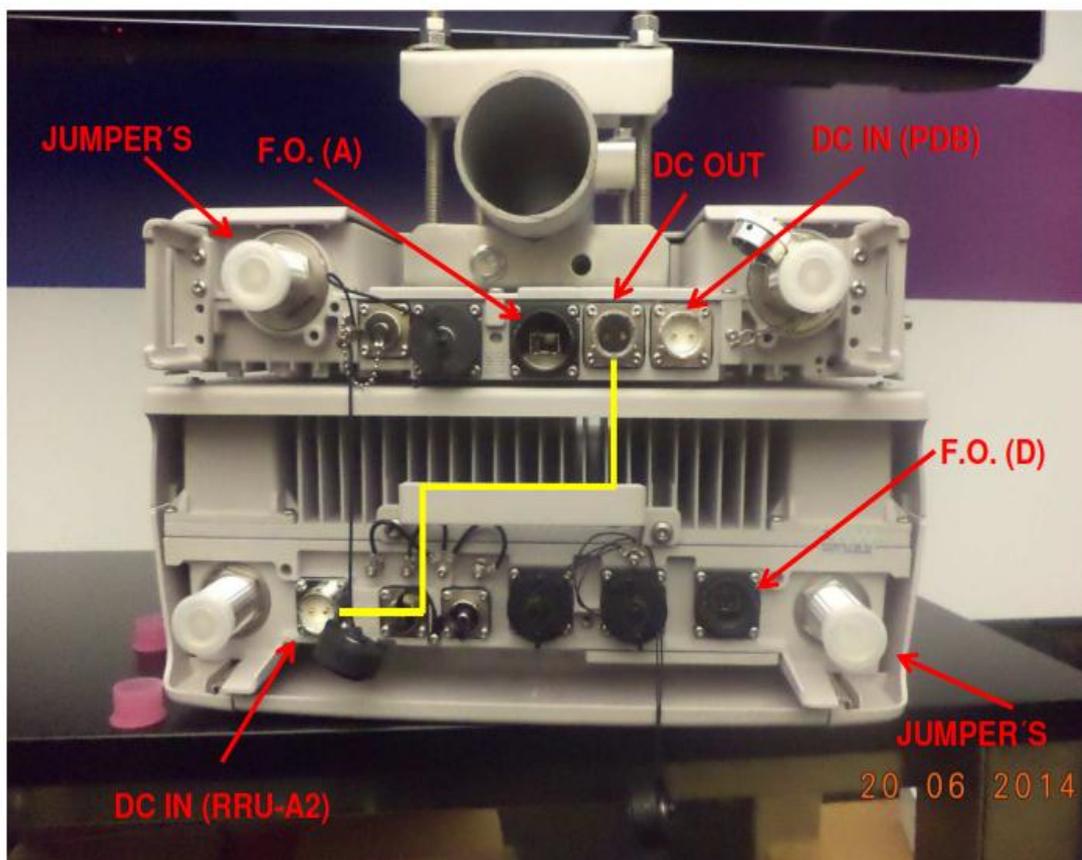
ERICSSON

SUPERVISOR T.I. ANDRÉS CARRILLO H.



INSTALACIÓN RRU 11 Y RRU A2

CONEXIONES ENTRE RRU11 Y RRU A2



ANEXO 5:
CONECTORES PARA CABLE COAXIAL

Conectores para cable de alimentación del 1/2"

Descripción

Conectores de N Macho, N Hembra, Din Macho, Din Hembra para cable de alimentación del 1/2" se enrosca en conectores RF que sirven para unir cable de alimentación del 1/2".



Din Macho Din Hembra N Macho N Hembra N Macho ángulo recto Din Macho ángulo recto

Especificación

Medio Ambiente de Trabajo

Temperatura de funcionamiento	-65 ~ +165 °C
Humedad relativa	≤95% @ +40°C
Presión Atmosférica	5.4 kPa
Vibración	150 m/s ² (10~2000 Hz)
Choque	500 m/s ²

Rendimiento de clave

Impedancia característica	50 Ω
Rango de frecuencia	N-tipo: hasta 11GHz / DIN-tipo: hasta 7.5GHz
Resistencia de contacto	conductor interior: ≤ 1.0mΩ (N-tipo) / ≤ 0.4mΩ (DIN-tipo) Conductor exterior: ≤ 1.0mΩ (N-tipo) / ≤ 1.5mΩ (DIN-tipo)
Resistencia de aislamiento	≥ 5GΩ(N-tipo) / ≥ 10GΩ (DIN-tipo)

Tensión de prueba a nivel del mar	N-tipo: 2.5 kV / DIN-tipo: 4 kV
Tensión de trabajo a nivel del mar	1.0 kV
RF de fuga	≤ -90dB (2~3 GHz)
Pérdida de Inserción	≤ 0.15dB (10GHz)
VSWR	N-tipo: ≤ 1.10 / DIN-tipo: ≤ 1.10
Vida mecánica	500 operaciones

Materiales y el acabado superficial

Elementos elásticos de contacto	De alta resistencia de aleación de cobre, bañado en plata (con MIL-tipos conductor central de oro plateado)
Aislamiento	PTFE/FEP
Centro y zonas exteriores del conductor	Aleación de cobre, bañado en plata (con MIL-tipos conductor central de oro plateado)
Otras piezas de metal	Aleación de cobre, niquelado brillante
Juntas	El caucho de silicona