

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**Ingeniería de Telecomunicación**

**INTEGRACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN UNA  
BTS3900 EXISTENTE**

**Alberto Sáez Carrasco**

**Julio 2016**



# **INTEGRACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN UNA BTS3900 EXISTENTE**

**AUTOR: Alberto Sáez Carrasco**  
**TUTOR: Abraham Cantalapiedra Puerta**  
**PONENTE: Daniel Ramos Castro**

**Dpto. de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones**  
**Escuela Politécnica Superior**  
**Universidad Autónoma de Madrid**  
**Julio de 2016**

## **Resumen**

Este proyecto pretende la integración de LTE en emplazamientos que ya se encuentran radiando. Se ha utilizado las BTS900 de Huawei cuya característica principal es que permite el uso de múltiples tecnologías sobre un mismo equipo modular que se puede configurar para distintos usos.

Lo primero que se ha realizado es un repaso histórico de las tecnologías y los equipos de acceso radio con el objetivo de ubicarnos en el contexto actual. Rápidamente se ve que las tecnologías tienden a ofrecer cada vez un mayor ancho de banda para la transmisión de datos mientras que optimizan el espectro radioeléctrico utilizando nuevas técnicas de multiplexación. El rápido desarrollo de las tecnologías implica que los operadores tengan que actualizar constantemente su red, un procedimiento lento y caro con los equipos dedicados tradicionales que se instalaban hasta hace pocos años. Esto motiva el desarrollo de nuevos equipos denominados SingleRAN de carácter modular cuya principal ventaja es la multifuncionalidad y la facilidad con la que se pueden actualizar ya que no se hace necesario cambiar todo el equipo del emplazamiento.

Utilizando estos equipos, más concretamente la serie BTS3900 de Huawei, hemos desplegado la red LTE para una operador español en una zona en la que la red GSM y UMTS ya estaba desplegada sobre estos equipos. Las condiciones que impone este son que las intervenciones en los emplazamientos deben ser lo más rápidas posible y con el menor impacto sobre el servicio tanto en el momento como después de la integración instalando el menor equipo posible.

Los resultados son muy satisfactorios, gracias la modularidad y multifuncionalidad de los equipos se ha logrado integrar LTE de una forma sencilla utilizando en la mayor parte de los casos los equipos de la red DCS. Los cambios necesarios en los emplazamientos son mínimos y en su mayoría se reducen a reubicar equipos para dejar espacio libre a los nuevos.

Tras las integraciones se realizan comprobaciones tanto a las nuevas celdas de LTE como a las existentes en los emplazamientos. Se concluye que el despliegue de LTE no afecta en calidad de servicio a las tecnologías ya desplegadas pese a compartir gran parte del equipo.

## **Palabras clave**

Estación base, red de acceso radio, LTE, telefonía móvil, integración, despliegue.

## **Abstract**

This Project aims the LTE integration on sites what are already online. BTS3900 has been used, the main feature of this equipment is the multi-technology and his modularity. In fact this type of equipments can be configure for multiple purpose.

At first a historical review has been made about radio access technologies and equipments, the target is to position ourselves in actual context. Quickly we see technologies tend to offer an increasing bandwidth for data transmission by optimizing the radio spectrum using new multiplexing techniques. The development of technologies means that have to constantly upgrade his network, this process is slow and expensive using traditional equipments. It motivates the development of SingleRAN equipment with a modular character whose main advantage is the multi-functionality and easy updating system which no require a full equipment to replace.

Using this kind of equipments, specifically the BTS3900 Series of Huawei, we have deployed the LTE network for a spanish operator in an area where the UMTS and GSM network was already deployed using BTS3900. Two conditions were imposed, the integrations on sites may be as fast as posible and reducing impact on service during the work and after this. The deployment has to be done with the least possible installation.

The integration result are really good, using modularity of equipments LTE have been deployed easily. Most of time the DCS network was used with no impact over this. The installation on sites is really simple and frequently it is reduced to reallocate the site equipment.

After integration we check the new LTE cells and the existing cells for purpose of ensure the quality service. In conclusio, LTE deployment have no effect on other technologies despite sharing hardware.

## **Keywords**

Base station, radio access network,LTE, Mobile telephony, integration, deployment.



## *Agradecimientos*

**Quiero agradecer en primer lugar a mis compañeros de trabajo por enseñarme tanto y darme la oportunidad de participar en este proyecto, en especial a José Luis y Abraham.**

**A todos los compañeros de la universidad por haber compartido tantos momentos buenos y malos hasta llegar aquí. A los profesores por el tiempo empleado en transmitir sus conocimientos, en especial a Daniel Ramos por su ayuda en la realización de este proyecto sin la cual nunca lo hubiera realizado.**

**Y como no a toda mi familia por el apoyo que me han dado a lo largo de mi vida y en especial a mi madre por la paciencia que tiene conmigo.**

## INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Organización de la memoria.....	1
2	Estado del arte .....	3
2.1	Evolución de las tecnologías de acceso radio.....	3
2.1.1	Tecnologías pre-GSM .....	3
2.1.2	GSM .....	3
2.1.3	UMTS .....	5
2.1.4	LTE.....	7
2.2	Evolución y situación de los equipos en la actualidad .....	7
2.3	Descripción BTS3900 .....	9
2.3.1	Equipos Banda Base: BBU.....	9
2.3.1.1	Tarjetas GSM.....	10
2.3.1.2	Tarjetas UMTS .....	11
2.3.1.3	Tarjetas LTE.....	12
2.3.1.4	Tarjetas comunies .....	13
2.3.2	Unidades de Radio Frecuencia .....	14
2.3.2.1	RFU (Radio Frequency Unit) .....	14
2.3.2.2	RRU (Radio Remote Unit) .....	17
3	Descripción de escenarios típicos 2G/3G.....	18
3.1	Indoor Macro .....	18
3.2	Outdoor Macro .....	20
3.3	Indoor Distribuido .....	21
3.4	Outdoor Distribuido.....	21
3.5	Microceldas .....	21
4	Simulación integración LTE.....	22
4.1	Requisitos previos .....	22
4.2	Adecuaciones en el emplazamiento.....	23
4.2.1	Indoor Macro .....	24
4.2.1.1	BBU.....	24
4.2.1.2	Sistema RF.....	25
4.2.2	Outdoor Macro .....	26
4.2.2.1	BBU.....	26
4.2.2.2	Sistema RF.....	27
4.2.3	Indoor Distribuido y Outdoor Distribuido.....	28
4.2.3.1	BBU .....	28
4.2.3.2	Sistema RF.....	28
4.3	Adecuación del sistema radiante .....	29
4.3.1	Antenas .....	29
4.3.2	Diplexores y combinadores .....	31
4.4	Integración LTE.....	32
4.4.1	Instalación hardware LTE .....	32
4.4.2	Comisionado UMPT.....	32
4.4.3	Actualización de Software y carga de licencia.....	33
4.4.4	Configuración RRU/RFU .....	35
4.4.5	Pruebas Pre-Activación .....	37

4.4.6 Pruebas durante activación .....	37
4.4.7 Pruebas Post-Activación .....	38
4.5 Posibles problemas durante la integración .....	42
4.5.1 El nuevo eNodeB no entra en gestión .....	42
4.5.2 Las celdas de LTE no se activan .....	43
4.5.3 El técnico no consigue conectarse a las nuevas celdas LTE .....	44
4.5.4 Las RFU/RRU de 1800MHz caen continuamente al activar las celdas de LTE	45
5 Conclusiones y trabajo futuro.....	47
5.1 Conclusiones.....	47
5.2 Trabajo futuro .....	48
Referencias .....	49
Glosario .....	51

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: “EQUIPO DE LA SERIE RBS2000 DE ERICSSON”, RECUPERADO DE WWW.ERICSSON.COM	8
FIGURA 2: “BBU3900 CONFIGURADA PARA UMTS”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	9
FIGURA 3: ESQUEMA CONFIGURACIÓN GSM .....	10
FIGURA 4: “GTMU”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	10
FIGURA 5: “UBRI”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	11
FIGURA 6: ESQUEMA CONFIGURACIÓN UMTS.....	11
FIGURA 7: “WMPT”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	11
FIGURA 8: “WBBP”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	12
FIGURA 9: ESQUEMA CONFIGURACIÓN LTE .....	12
FIGURA 10: “UMPT”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	13
FIGURA 11: “LBBP”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	13
FIGURA 12: ESQUEMA DE SITUACIÓN DE TARJETAS COMUNES .....	13
FIGURA 13: “CABINET BTS3900”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE“3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	15

FIGURA 14: “PANEL FRONTAL DE UNA RFU”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE “3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	16
FIGURA 15: “RRU3908”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE “3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	17
FIGURA 16: “CABINET BTS3900”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE “3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	19
FIGURA 17: ESQUEMA BBU INDOOR MACRO .....	19
FIGURA 18: DISPOSICIÓN DE RFU EN INDOOR MACRO.....	20
FIGURA 19: “CABINET APM30”, HUAWEI TECHNOLOGIES (2014), RECUPERADO DE “3900 SERIES BASE STATION PRODUCT DOCUMENTATION” .....	20
FIGURA 20: PRUEBA PREVIA DE ROE, SE APRECIA UNA RRU OK MIENTRAS OTRA EXCEDE EL MÁXIMO .....	22
FIGURA 21: MEDIDAS DE RTWP PREVIAS. ....	23
FIGURA 22: EJEMPLO DE BBU PARA INDOOR MACRO .....	24
FIGURA 23: BBU TRAS INSTALAR UCIU Y UBRI .....	24
FIGURA 24: DISPOSICIÓN DE RFU EN INDOOR MACRO .....	25
FIGURA 25: DISPOSICIÓN OBJETIVO DE LAS RFU EN INDOOR MACRO .....	25
FIGURA 26: PRUEBA DE ROE DE 900MHZ Y 1800MHZ .....	26
FIGURA 27: RTWP DE UNA CELDA DE U900.....	26
FIGURA 28: DISPOSICIÓN DE RFU EN OUTDOOR MACRO .....	27
FIGURA 29: DISPOSICIÓN FINAL DE RFU EN OUTDOOR MACRO.....	27
FIGURA 30: DISPOSICIÓN BBU EN INDOOR DISTRIBUIDO Y OUTDOOR DISTRIBUIDO.....	28
FIGURA 31: DISPOSICIÓN FINAL BBU EN INDOOR DISTRIBUIDO Y OUTDOOR DISTRIBUIDO .....	28
FIGURA 32: EJEMPLO DE ESCANEADO DE RET EN UN EMPLAZAMIENTO.....	31
FIGURA 33: ASOCIACIÓN NÚMERO DE SERIE CON ID DEL RET.....	31
FIGURA 34: BBU PARA LTE.....	32
FIGURA 35: CONFIGURACIÓN NUEVO ENODEB EN U2000.....	33
FIGURA 36: ENODEB CONFIGURADO SIN GESTIÓN.....	33
FIGURA 37: ENODEB EN GESTIÓN ALARMADO.....	34

FIGURA 38: VENTANA DEL ASISTENTE DE ACTUALIZACIÓN .....	34
FIGURA 39: ASIGNACIÓN DE RRU A CHAIN .....	35
FIGURA 40: ASIGNACIÓN DE RFU A CHAIN.....	35
FIGURA 41: ASIGNACIÓN DE CHAIN A PUERTO DE LBBP.....	35
FIGURA 42: ASPECTO DE UN eNODEB EN GESTIÓN Y SIN ALARMAS EN U2000.....	36
FIGURA 43: ASIGNACIÓN RFU EN DCS .....	36
FIGURA 44: PRUEBA DE ROE CORRECTA.....	37
FIGURA 45: PRUEBA DE VELOCIDAD REALIZADA A UNA CELDA LTE.....	38
FIGURA 46: KPI DE CSFB DE UNA CELDA LTE. ....	39
FIGURA 47: GRÁFICO DE RSSI EN LTE.....	40
FIGURA 48: RSSI EN LTE DESIGUAL EN AMBAS TIRADAS QUE AFECTA A TODA LA BANDA .....	41
FIGURA 49: RSSI EN LTE CONCENTRADO EN UNA FRECUENCIA .....	41
FIGURA 50 : KPIs BÁSICOS DE UNA CELDA 2G .....	42
FIGURA 51: EJEMPLO DE UN eNODEB SIN ALARMAS HARDWARE. ....	43
FIGURA 52: COMPROBACIÓN DE LICENCIA .....	44
FIGURA 53: COMPROBACIÓN DE ESTADO DE CELDAS .....	44
FIGURA 54: NÚMERO DE USUARIOS CONECTADOS A UNA CELDA LTE.....	45

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA 1: TIPOS DE RFU .....	16
TABLA 2: TIPOS DE RRU .....	18
TABLA 3: TIPOS DE ANTENAS MÁS UTILIZADOS.....	30

# 1 Introducción

---

## 1.1 Motivación

La telefonía móvil es un servicio en auge que cada día tiene más consumidores y más exigentes. Ya no basta con ofrecer un servicio de voz de calidad sino que además el usuario medio reclama una conexión de banda ancha. Aquí es donde entra en juego el LTE, que como veremos puede ofrecer grandes ratios de carga y descarga.

El inconveniente desde el punto de vista de los operadores reside en que LTE es una red nueva e independiente de las dos actuales GSM y UMTS lo que implica el despliegue desde cero de una nueva red con la inversión que ello supone. Por este motivo los grandes fabricantes de equipos de telefonía móvil están desarrollando sus productos hacia el conocido como SingleRAN que permitiría el despliegue de diferentes redes bajo un mismo hardware. Este es el caso de la BTS3900 de Huawei, que sin conseguir un SingleRAN completo sí que permite el uso compartido de la mayor parte del hardware.

En este proyecto se realizará la integración de LTE en una zona usando la tecnología del BTS3900 y comprobar los resultados.

## 1.2 Objetivos

En este proyecto se va a integrar la tecnología LTE para un operador español en una zona en la que la red GSM y UMTS ya se encuentra desplegada sobre los equipos BTS3900. El operador impone condiciones, a saber:

- La integración debe hacerse de la forma más económica posible
- El impacto sobre las dos redes existentes debe ser el mínimo, durante la integración como después de ella.

Por tanto los objetivos que perseguimos en este proyecto son tres:

- Estudio de los diferentes escenarios tipo que posee el operador en la zona y la forma de integrar LTE en ellos minimizando la inversión en equipo.
- Formalizar un procedimiento que garantice el mínimo impacto sobre la red del operador durante el despliegue.
- Realizar un estudio de KPIs posterior a la integración que nos permita descartar que haya habido problemas de forma rápida.

## 1.3 Organización de la memoria

La memoria consta de los siguientes capítulos:

- Estado del arte: En este capítulo se hace un pequeño repaso histórico de las tecnologías de acceso radio además de un primer contacto con la tecnología BTS3900 de Huawei
- Descripción de escenarios típicos 2G/3G: Resumiremos los 4 escenarios básicos que nos vamos a encontrar repetidas veces durante el despliegue de LTE.
- Simulación de integración LTE: Se detallan los pasos a seguir para la integración del LTE en los escenarios vistos en el capítulo anterior.



## 2 Estado del arte

---

El sector de la telefonía móvil es uno de los más punteros dentro de los sectores de telecomunicaciones. Esto es debido a que se ha convertido en un elemento de uso cotidiano y casi imprescindible para la mayoría de la población. En las dos últimas décadas ha ido evolucionando y sustituyendo paulatinamente a la telefonía fija clásica.

### 2.1 Evolución de las tecnologías de acceso radio

La evolución de las tecnologías de acceso radio ha sido muy similar a nivel mundial y en esta se pueden distinguir claramente cuatro etapas.

- Tecnologías pre-GSM
- GSM
- UMTS
- LTE

#### 2.1.1 Tecnologías pre-GSM

Aquí se engloban todas las tecnologías que preceden a GSM. Son conocidas como tecnologías de primera generación.

Estas tecnologías se caracterizan por tener una interfaz radio analógica. Estos sistemas disponían de un número bastante limitado de canales y los terminales finales de usuario eran bastante voluminosos y pesados. Esto provoca que su mayor uso fuera la integración en automóviles más que como dispositivos de bolsillo.

El primer sistema surge en 1979 en Japón. Este sistema disponía de 600 canales de 25 KHz cada uno.

A nivel mundial los tres sistemas con más penetración fueron:

- Norma nórdica: NMT 450 y NMT 900
- Norma americana: AMPS y TACS (ambos a 900 MHz)
- Norma japonesa: NTT (800-900 MHz)

España fue uno de los países pioneros en la utilización de redes analógicas de telefonía móvil desplegando el 1982 el sistema NMT-450 bajo el nombre de TMA-450 (Telefonía móvil automática). Posteriormente el sistema evolucionó a TMA-900 basado en TACS, ya que este ofrecía una mayor calidad de servicio. Ambos servicios fueron desplegados por el monopolio de Moviline y estuvieron en servicio hasta 2003.

#### 2.1.2 GSM

La tecnología GSM (Global System for Mobile communications) es la segunda generación de telefonía móvil y es popularmente conocida como 2G. Se convierte en estándar internacional en 1991.

Esta es la evolución más importante que ha sufrido la telefonía móvil. En este punto la interfaz de acceso radio se digitaliza y se convierte en un estándar abierto aportando grandes ventajas tanto al usuario como a los operadores. Los usuarios pueden utilizar un mismo terminal con distintos operadores y los operadores pueden utilizar equipos de distintos proveedores dentro de la misma red.

La gran problemática a la que se enfrentó GSM fue a la limitación de frecuencias y ancho de banda disponible. Si se utiliza una sola antena para cubrir una zona muy grande se corre

el riesgo de no disponer de suficiente ancho de banda para todos los usuarios. Para solucionar este problema GSM utiliza múltiples antenas para cubrir una zona, utilizando distintas frecuencias para antenas vecinas y reutilizando frecuencias para las antenas que están fuera de rango. Cada zona cubierta por una de estas antenas se denomina celda y cada antena BTS.

Con la digitalización de la red se obtuvieron muchas ventajas, aquí hay un resumen de las más importantes:

- Se permite el Roaming (Intenerancia). Esto es poder usar la red de otro operador si estás fuera del alcance del tuyo. Esto se logra ya que al ser un estándar abierto todas las redes GSM son capaces de conectarse entre sí.
- Se consigue realizar el Handover sin cortes. Esto es la transferencia de llamadas de una BTS a otra si el usuario está en movimiento y sin que esté aprecie ningún corte ni reducción de calidad en la llamada. Para lograrlo se interconectan todas las BTS a través de una controladora de nivel superior llamada BSC.
- Se prolonga la batería de los terminales gracias a que las celdas utilizadas son mucho más pequeñas que en los sistemas analógicos y se necesita menos potencia para comunicarse con la BTS.
- El despliegue de la red es más sencillo y barato que en la generación analógica, lo que se traduce en que se despliega la red móvil ya no sólo en las grandes ciudades. Se despliega red en pueblos pequeños y zonas rurales. Además aumentar la capacidad de usuarios de una zona es relativamente sencillo, bastaría con introducir otra BTS y dividir la celda actual en dos sub-celdas más pequeñas.
- El terminal no va unido a la línea ya que esta va en la tarjeta SIM. Esto provoca la aparición de distintos fabricantes de terminales que se traduce en una reducción de los precios. La consecuencia final es que el número de usuarios se dispara.
- Al ser digital la red se puede utilizar para transmitir más información a parte de la voz. Se introducen los mensajes cortos SMS (Short Messages Service).

El sistema GSM pese a estar normalizado se desplego sobre varias frecuencias dependiendo del país. Debido a esto se pueden encontrar cuatro tecnologías GSM

- GSM900: Sistema GSM sobre la banda de 900 MHz. Es el sistema más usado en el mundo (se encuentra desplegado en más de 100 países). Es el sistema que se desplegó primero en España.
- GSM1800: Funciona sobre la banda de 1800 MHz. También se le conoce como DCS (Digital Cellular Service). Este sistema se ha utilizado principalmente para dotar de más capacidad a GSM900 en núcleos urbanos europeos.
- GSM850: Funciona sobre la banda de 850 MHz, este sistema se utiliza en la mayoría de los países de América.
- GSM1900: Funciona sobre la banda de 1900 MHz, es utilizado en países de América sobre todo en núcleos urbanos.

La introducción de nuevos servicios de transmisión de datos como los SMS comenzó a saturar la red GSM, ya que está en un principio no disponía de canales para la transmisión de datos. Este suceso motivó la creación del estándar GPRS (General Packet Radio Service) posibilitando el uso de los canales de voz para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes. Con esto se descongestionó el tráfico de SMS y se posibilitó la conexión a internet de los terminales móviles.

### **2.1.3 UMTS**

UMTS (Universal Mobile Telecommunications system) se considera la tercera generación de telefonía móvil. El primer estándar surge en 1999 aunque hasta el 2002 no hay un despliegue considerable en España. Usa una red completamente independiente a la de GSM, lo que provoca un despliegue lento y costoso.

UMTS admite la transmisión de contenidos multimedia lo que permite la creación de otros servicios y aplicaciones como las videollamadas y el acceso a internet con una velocidad máxima de hasta 2 Mbps en condiciones radio óptimas

UMTS utiliza la tecnología WCDMA para el acceso radio, sustituyendo así a las tecnologías TDMA y FDMA usadas por GSM. Esta tecnología permite que los usuarios utilicen todo el ancho de banda disponible, por lo que aumenta la eficiencia espectral y se pueden mejorar las tasas binarias de transmisión de datos.

La arquitectura de la red es similar en cuanto a topología a la de GSM, existe una estación base llamada NodoB la cual está conecta a una controladora llamada RNC. Una RNC puede controlar varios NodoB. Finalmente las RNC se conectan a la MSC y esta al Core de la red.

UMTS se desplegó en España en la banda de 2100MHz en un primer momento. Por esto el despliegue fue lento en sus comienzos, ya que al ser una banda muy superior a la de GSM se llegaban a necesitar hasta tres NodoB para cubrir la misma zona que una BTS. Por eso en 2009 se libera la banda de 900MHz (hasta este momento su uso estaba restringido a GSM) para ser usada por cualquier tecnología de telefonía móvil y se comienza el despliegue del conocido como UMTS900.

Las principales características de la red UMTS son:

- Acceso rápido: Esta es la mayor diferencia que encuentran los usuarios de la red móvil tras el salto de GSM a UMTS. Ya que se pasa de un máximo de 236 Kbps con GSM-EDGE a los 384 Kbps que ofrece UMTS en un principio. Esta tasa binaria se fue mejorando con posteriores mejoras del estándar hasta llegar a los 3.6 Mbps en el caso de España.
- Facilidad de uso y bajos costes: El sistema se puede utilizar para múltiples aplicaciones y servicios cubriendo así un amplio abanico de necesidades de los usuarios. De igual manera surgen multitud de terminales que facilitan el acceso a los usuarios, por lo que el uso de la red móvil se dispara.
- Nuevos y mejorados servicios: El servicio de voz es el más reclamado por los usuarios y en este punto se mejora la calidad del mismo hasta niveles parecidos a la telefonía fija. Pero la posibilidad del tráfico de datos a gran velocidad propicia que los usuarios cada vez reclamen más otros servicios como la conexión a internet. Esto provoca que paulatinamente vayan apareciendo nuevas tarifas cada vez más orientadas al tráfico de datos dejando de lado el servicio de voz.

HSPA (High speed packet Access)

HSPA se trata de una serie de protocolos destinados a mejorar la red UMTS ya existente. Son los siguientes.

- HSDPA: El principal objetivo de HSDPA es mejorar la tasa de descarga final del usuario y mejorar la calidad del servicio. Para lo cual optimiza el espectro para los servicios de datos que tienen la característica de ser asimétricos y a ráfagas. Para lograr esto se utiliza la modulación por código adaptativa AMC y complejos algoritmos para repartir los recursos disponibles entre las tareas que lo solicitan. Este protocolo se define en el Release 5 del proyecto UMTS de 3GPP.
- HSUPA: Se trata del release 6 publicado por 3GPP. Este protocolo va encaminado a mitigar la asimetría existente entre downlink y uplink, para ello se requiere un canal dedicado para el uplink llamado E-DCH (Enhanced dedicated channel). Sobre este canal se utilizan métodos muy similares a los usados en HSDPA.
- HSPA+: Es la release 7 de UMTS. Con HSPA+ se consiguen mejoras significativas tanto en DL como en UL. Se introduce la posibilidad de utilizar una arquitectura IP en la red UMTS conectando los NodosB a través de una conexión Ethernet a un proveedor de internet ISP. Esta posibilidad hace la integración de nuevos nodos mucho más sencilla y barata.

## **2.1.4 LTE**

LTE son las siglas de Long Term Evolution, se considera la cuarta generación de telefonía móvil. La principal característica es que se trata de una red cien por cien IP. Cada eNodeB irá conectado mediante Gigaethernet directamente al EPC (Evolved Packet Core) de la red, omitiendo de esta manera el uso de controladoras como ocurría en UMTS y GSM. Al poseer una arquitectura IP esta red puede interconectarse con el resto de redes IP existentes.

Mientras que en UMTS se emula la conmutación de circuitos para los servicios en tiempo real, como puedes ser una llamada de voz, en LTE la conmutación es únicamente de paquetes. Esto obliga a que el servicio de voz se preste a través de la conocida como VoIP (Voice over IP). Actualmente el servicio de VoIP no se presta ya que no alcanza los mínimos de calidad por lo que las llamadas mientras estás en la red LTE se cursan a través de la red UMTS.

Para lograr una alta eficiencia espectral que proporcione altas tasas binarias se recurre a la multiplexación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) con modulaciones de orden superior (hasta 64-QAM) y grandes anchos de banda (hasta los 20MHz). Para mejorar los niveles de señal en el downlink es frecuente utilizar diversidad espacial, típicamente se utiliza 2T2R (dos transmisores y dos receptores) aunque LTE admite hasta 4T4R.

Con el objetivo de hacer posible el despliegue de LTE en todo el mundo se ha definido el estándar en multitud de bandas de frecuencia desde los 700MHz hasta los 2.7GHz. De igual manera admite anchos de banda desde 1.4MHz hasta 20MHz. En España el despliegue de LTE se ha venido realizando en la banda de 1800 MHz y en menor medida 2600MHz y 2100MHz. Tras el dividendo digital se reasignaron los canales de televisión digital (TDT) para liberar la parte baja de la banda de 800MHz, por esto desde finales de 2015 se está desplegando LTE en esta banda también.

## **2.2 Evolución y situación de los equipos en la actualidad**

Paralelamente a la evolución de las tecnologías de acceso radio se ha dado la evolución de los equipos instalados en las estaciones base. Este desarrollo es encabezado por los fabricantes de equipos con el objetivo de ofrecer soluciones lo más simples y baratas posibles manteniendo los estándares de calidad para vender a los operadores.

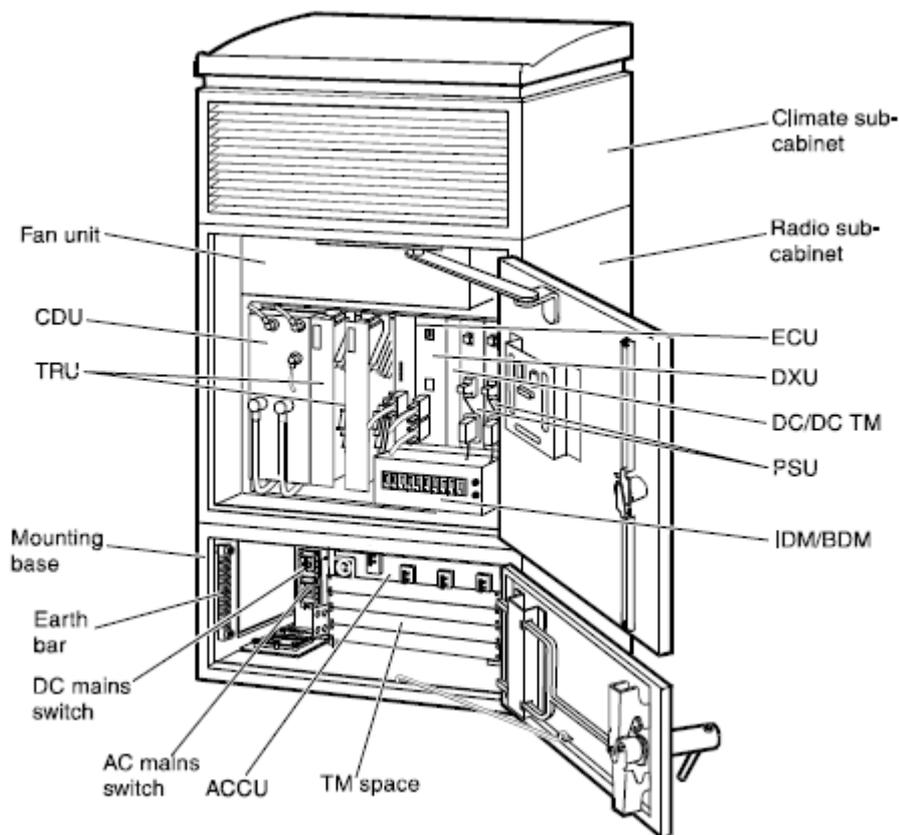
Los equipos se pueden dividir en dos unidades, la unidad de banda base(BBU) y la unidad de radiofrecuencia (RFU). La unidad de banda base es la encargada de gestionar el tráfico de la estación mientras que la unidad RF se encarga de enviar y recibir las señales a través de las antenas.

De esta forma los primeros equipos que surgieron para GSM eran grandes armarios dedicados exclusivamente a una tecnología, es decir, operaban únicamente en GSM a una frecuencia determinada. Esto forzaba a los operadores a instalar un segundo bastidor en el caso que en un mismo emplazamiento se quisiera disponer de GSM-900 y DCS-1800. Lo

mismo ocurría en el caso de ampliación de capacidad, para este objetivo se ampliaba el número de portadoras (TRX) de la BTS. Los primeros TRX eran grandes tarjetas que había que instalar en el bastidor y conectar correctamente.

En la Figura 1 se puede observar el diagrama de una BTS de la serie RBS2000 de Ericsson, en él podemos identificar las características mencionadas anteriormente:

- DXU: Es la unidad que trabaja en banda base. Se encarga del enlace con la BSC y de enviar la información a los TRU
- TRU: Puede haber instalados varias de estas tarjetas, cada una de ellas gestiona una portadora.
- CDU: Es la interfaz entre las TRU y las antenas, su función es combinar la señal de varias TRU para ser enviadas por una misma antena y viceversa.



**Figura 1: “Equipo de la serie RBS2000 de Ericsson”, Recuperado de [www.ericsson.com](http://www.ericsson.com)**

El hecho de tener equipos dedicados fuerza que en el despliegue de la red UMTS se tengan que instalar nuevos armarios junto a los viejos para que un mismo emplazamiento disponga de las dos tecnologías.

La desventaja principal de esto es el espacio físico que se necesita para instalar todos los bastidores y el elevado consumo eléctrico. Esto motivó que el desarrollo de los equipos tendiera hacia la simplificación del hardware con el objetivo de reducir equipos en los

emplazamientos y hacer más sencilla y barata la integración de nuevas tecnologías. Por eso surgen los conocidos como equipos SingleRAN. La característica principal de estos equipos es que son modulares, pudiéndose usar para las distintas tecnologías en función de las tarjetas insertadas en el bastidor. Incluso hay equipos que puede utilizar el mismo equipo para las tres tecnologías actuales, GSM, UMTS y LTE.

## 2.3 Descripción BTS3900

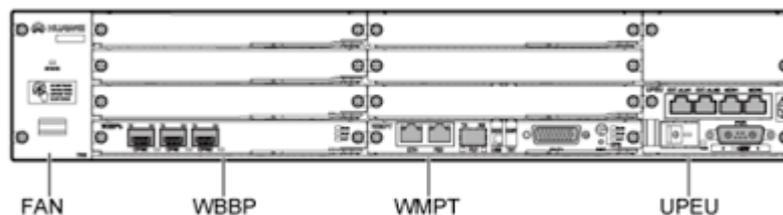
Uno de los equipos singleRAN más populares en los últimos años es la serie BTS3900 del fabricante Huawei. Este equipo tiene la ventaja de disponer de una BBU completamente modular la cual se puede configurar para cualquier tecnología. Las RFU de la BTS3900 también son multimodo, esto es, dentro de una misma banda pueden operar para distintas tecnologías. Por ejemplo una misma RFU que opere a 900MHz puede estar radiando GSM y UMTS simultáneamente.

### 2.3.1 Equipos Banda Base: BBU

La BBU3900 de Huawei consiste en un rack de tarjetas interconectadas por un back-panel. En este rack van montadas todas las tarjetas encargadas del procesamiento de la señal en banda base y de la transmisión. Entendemos transmisión como la conexión de una BTS/NodeB/eNodeB con el resto de la red. Además de estas dos funciones principales la BBU también se encarga de monitorizar el estado de los equipos y de reportar las alarmas pertinentes.

De esta forma las funciones principales de la BBU son:

- Gestionar los recursos de cada tecnología
- Proporcionar transmisión al equipo, esto es permitir la interconexión el resto de la red ya sea a través de BSC/RNC o directamente al core como en el caso de LTE.
- Proporcionar recursos de O&M, operaciones y mantenimiento, tanto en local como en remoto. Reporta estadísticos y alarmas a los servidores de gestión y permite la configuración remota.
- Procesa las señales en banda base tanto las de Uplink como Downlink.
- Provee de los puertos CPRI (Common Public Radio Interface) para la interconexión de los recursos banda base con las unidades RF.
- Gestiona las alarmas externas (aquellas que no son propias de los equipos pero puede afectar a este): Temperatura del emplazamiento, puerta abierta, incendio, etc...

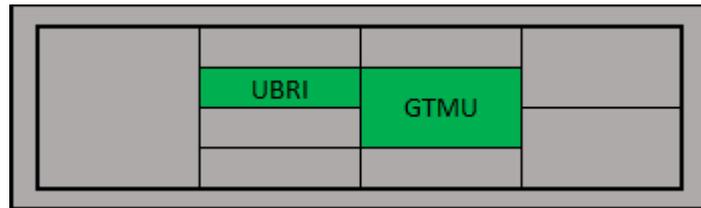


**Figura 2: “BBU3900 configurada para UMTS”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

En cada tecnología estas funciones se reparten en distintas tarjetas por lo que vamos a hacer un repaso general a estas.

### 2.3.1.1 Tarjetas GSM

A continuación se muestran las tarjetas usadas para la configuración de una BTS de GSM en una BBU3900. Remarcar que todo lo mencionado sobre GSM aplica de la misma manera para DCS ya que a nivel de banda base no hay diferencia alguna en el hardware utilizado para ambas tecnologías, es más, lo más común es que compartan el hardware de la BBU.

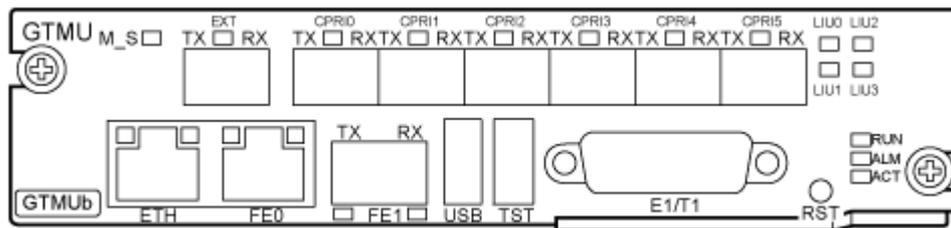


**Figura 3: Esquema configuración GSM**

En la Figura 3 se muestra el esquema de una configuración simple de GSM. En este esquema se ven dos tarjetas cuyas características se detallan a continuación.

#### 2.3.1.1.1 GTMU (GSM transmission and management unit)

La GTMU es el elemento principal de una BTS al disponer de todas las funciones necesarias para el funcionamiento de esta. Debido a sus características esta tarjeta es la única que ocupa dos slots en la BBU.



**Figura 4: “GTMU”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

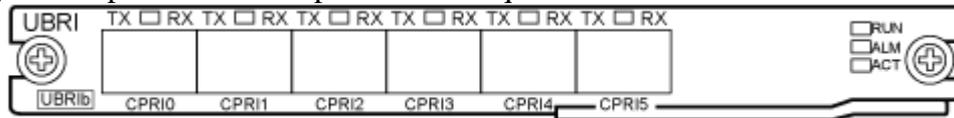
Las funciones de la GTMU son:

- Gestiona los recursos de GSM de la BTS y se sincroniza con el resto de tecnologías en el caso de tener recursos compartidos.
- Proporciona transmisión a través de E1 o Ethernet para su conexión la BSC y el servidor de O&M.
- Proporciona los recursos de O&M para el mantenimiento remoto además de puertos para el mantenimiento y monitorización en local.
- Procesa las señales en banda base tanto UL como DL.
- Está provista de seis puertos CPRI para la conexión las unidades RF.

Por tanto para instalar una BTS sería necesario únicamente una GTMU, el resto de tarjetas son opcionales.

### 2.3.1.1.2 UBRI (Universal Baseband radio interface)

Esta tarjeta está provista de seis puertos CPRI que se suman a los seis de la GTMU.

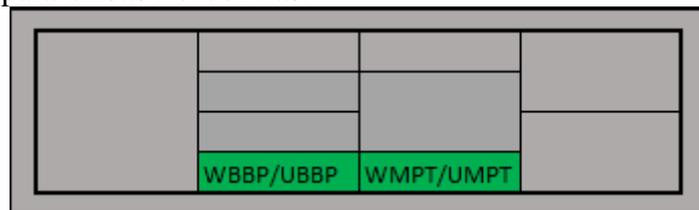


**Figura 5: “UBRI”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

De esta manera la función de la UBRI es ampliar hasta 12 los CPRI disponibles de la BTS en el caso de que los seis de la GTMU no fuesen suficientes.

### 2.3.1.2 Tarjetas UMTS

Las tarjetas utilizadas para UMTS son completamente distintas a las utilizadas para GSM. De la misma manera que en el caso de GSM y DCS los equipos aquí comentados son válidos para U900 y U2100. Y como ocurría en el caso anterior se suele utilizar el mismo hardware banda base para ambas frecuencias.

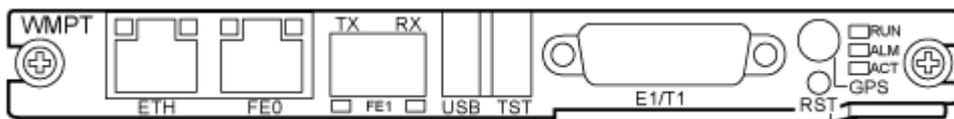


**Figura 6: Esquema configuración UMTS**

En la Figura 6 se muestra la configuración básica para la BBU de un NodeB. Esta está compuesta por dos tarjetas WMPT y WBBP.

#### 2.3.1.2.1 WMPT (WCDMA Main Processes and Transmission Unit)

Es el elemento principal del NodeB, pero a diferencia del caso de GSM no es el único necesario.



**Figura 7: “WMPT”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

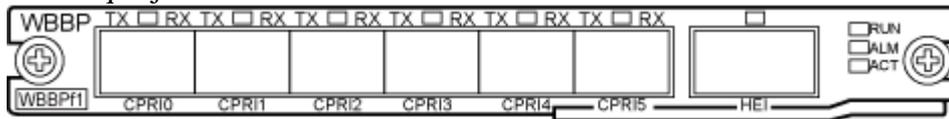
Las funciones que aporta la WMPT son:

- Gestiona los recursos proporcionados por el resto de tarjetas de UMTS y en el caso de compartir recursos con otras tecnologías se sincroniza con estos.
- Proporciona transmisión a través de E1's o Ethernet.
- Proporciona los recursos O&M tanto para el mantenimiento remoto del NodeB como el mantenimiento en local.

La WMPT puede ser sustituida por una UMPT (Universal Main Processes and Transmission Unit). La UMPT aporta las mismas funciones que la WMPT, con la particularidad que se puede configurar como controladora de distintas tecnologías, en el caso de este proyecto UMTS o LTE-FDD. Además incluye el puerto CI mediante el cual se puede sincronizar para compartir recursos con otra BBU.

### 2.3.1.2.2 WBBP (WCDMA Baseband Processing Unit)

Es el elemento que junto a la WMPT/UMPT forma la BBU del NodeB.



**Figura 8: “WBBP”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

Las funciones de la WBBP son:

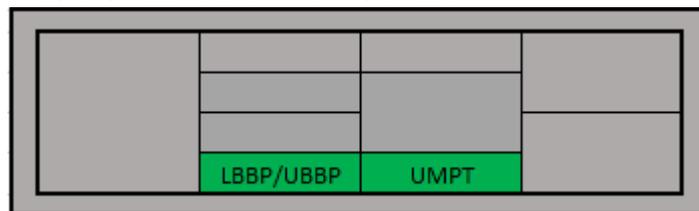
- Procesa las señales WCDMA en banda base, tanto para el UL como el DL.
- Provee la BBU de seis puertos CPRI para la conexión de las unidades RF.

Existen diferentes tipos de WBBP dependiendo de la capacidad de tráfico que soportan y se pueden insertar hasta un total de seis tarjetas WBBP por BBU. Insertando más tarjetas se consiguen dos cosas, ampliar la capacidad de tráfico del NodeB y ampliar el número de puertos CPRI de la BBU.

Al igual que ocurre con la WMPT/UMPT la evolución de las WBBP nos lleva a las UBBP. Tienen las mismas funciones que las WBBP pero se pueden configurar para distintas tecnologías. En el caso de este proyecto UMTS y LTE-FDD.

### 2.3.1.3 Tarjetas LTE

La configuración de la BBU de LTE es bastante similar a la de UMTS y en el caso de utilizar tarjetas universales a nivel hardware es idéntica.

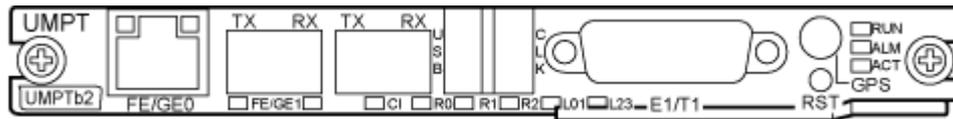


**Figura 9: Esquema configuración LTE**

La configuración básica de LTE consiste en dos tarjetas. Una UMPT y una LBBP o UBBP.

#### 2.3.1.3.1 UMPT (Universal Main Processes and Transmission Unit)

Es la controladora principal de LTE y sus funciones son muy similares a las de la WMPT en UMTS.



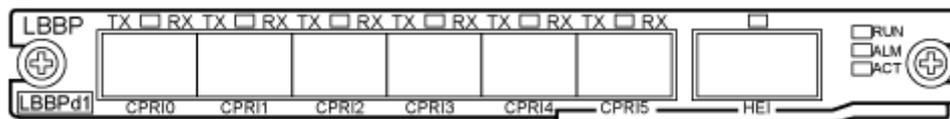
**Figura 10: “UMPT”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

- Gestiona los recursos de LTE y se sincroniza con el resto de controladoras para utilizar los recursos compartidos.
- Proporciona la transmisión a través de Ethernet. Aunque la tarjeta tenga puerto de E1 LTE no soporta este tipo de transmisión.
- Proporciona los recursos O&M tanto remoto como locales para el eNodeB.

Aclarar que existe una controladora de LTE específica llamada LMPT, la cual no se detalla por no haber sido utilizada en el desarrollo del proyecto.

### 2.3.1.3.2 LBBP (LTE Baseband Processor Unit)

Su función es similar la WBBP de UMTS aunque tiene algunas diferencias en cuanto a capacidad.



**Figura 11: “LBBP”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

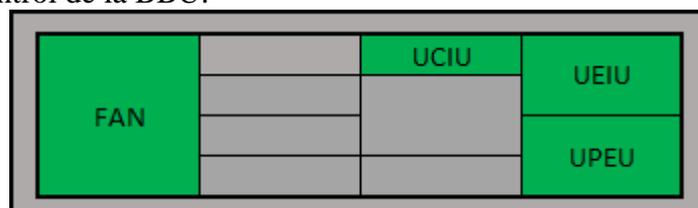
- Procesa las señales en banda base tanto UL como DL.
- Provee la BBU de seis puertos CPRI para la conexión de las unidades RF.

Cada tarjeta LBBP soporta hasta un máximo de tres celdas, independientemente del tráfico que cursen. De esta manera si se quieren tener más de tres celdas en un mismo eNodeB se deberán instalar más LBBP.

Al igual que en el caso de UMTS las LBBP son intercambiables por las UBBP. La única diferencia es que hay UBBP de más capacidad que pueden soportar hasta seis celdas LTE.

### 2.3.1.4 Tarjetas comunes

Hay una serie de tarjetas que o bien pueden ser utilizadas por todas las tecnologías o bien son tarjetas de control de la BBU.



**Figura 12: Esquema de situación de tarjetas comunes**

En la Figura 12 podemos ver un esquema de la colocación de estas tarjetas en la BBU. A continuación se explicará la función de cada una.

- **UEIU:** Universal Environment Interface Unit. Esta tarjeta proporciona dos puertos para conectar las alarmas externas del emplazamiento. Además dispone de dos puertos de monitorización para conectar las tarjetas que monitorizan el cabinet.
- **UPEU:** Universal Power Environment Unit. Además de proporcionar los mismos puertos que la UEIU suministra la alimentación DC a la BBU. En caso de que la BBU necesite más potencia se puede instalar una segunda UPEU en vez de la UEIU.
- **FAN:** Esta tarjeta dispone de un ventilador para regular la temperatura de la BBU y además monitoriza la temperatura de esta.
- **UCIU:** Dispone de cuatro puertos para interconectar la BBU en la que se encuentra con otra BBU a través del puerto CI de una UMPT. La interconexión se hace necesaria en el caso de que varias tecnologías compartan recursos RF.

### **2.3.2 Unidades de Radio Frecuencia**

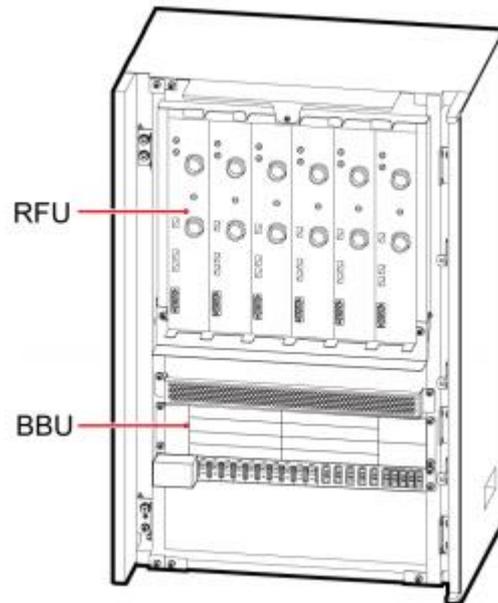
Las unidades de radiofrecuencia, RF, forman la segunda unidad imprescindible en una estación base de telefonía móvil. Su función es modular la señal en banda base generada por la BBU, amplificarla y adaptarla para poder ser radiada por las antenas. También realiza la función inversa, convierte las señales de radiofrecuencia captadas por la antena a banda base para así poder ser procesadas por la BBU.

Así las unidades RF se pueden clasificar por la potencia máxima que son capaces de entregar o la banda de frecuencia en la que operan. Por otro lado también podemos encontrar unidades RF diseñadas para montar dentro de un rack para lo que se llaman soluciones macro o diseñadas para ser montadas en el exterior para lo que se llaman soluciones distribuidas. Estas última tienen la ventaja que se pueden instalar en el propio mástil de la antena, reduciendo así la distancia de cable RF utilizado. Por lo general este tipo de cable es más caro e introduce más pérdidas en la señal.

El fabricante Huawei dispone de los dos tipos de unidades para la serie 3900. A las unidades macro las llama RFU (Radio Frequency Unit) y a las distribuidas RRU (Radio Remote Unit).

#### **2.3.2.1 RFU (Radio Frequency Unit)**

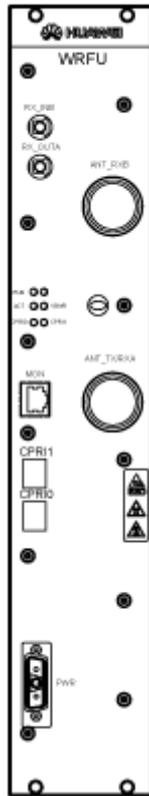
Las RFU son módulos de radiofrecuencia que por su diseño necesitan estar instalados en un rack específico para este fin. El rack de RFU está situado junto a la BBU, generalmente ambos racks están situados en el mismo cabinet.



**Figura 13: “Cabinet BTS3900”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

Existen multitud de RFU atendiendo a su potencia y la banda de frecuencia, pero aquí solo mencionaremos las utilizadas en la realización de este proyecto. Aunque cada RFU tiene unas características diferentes todas realizan las mismas funciones y disponen de los mismos puertos de conexión. Las funciones que aporta una RFU son:

- Modula señales en banda base a señales RF y las envía a la antena tras filtrarlas y amplificarlas.
- Recibe las señales RF de la antena, las amplifica, filtra y las envía a la BBU tras aplicar un control digital de ganancia.
- Comprueba el ROE desde la salida de la RFU hasta la antena y reporta alarma en caso de que el valor exceda el límite configurado.
- Controla la potencia de las portadoras.
- Controla la alimentación de los TMA (Tower mount amplifier) y RET (Remote electrical tilting) instalados



**Figura 14: “Panel frontal de una RFU”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

Cada RFU puede estar conectadas a dos procesadores banda base por lo que pueden radiar dos tecnologías diferentes siempre y cuando no se exceda el límite de potencia y utilicen la misma banda de frecuencia.

En la Tabla 1 vemos los tipos y características de RFU que se han usado durante la realización del proyecto. Las RFU marcadas como tipo D son las más nuevas y se han usado relativamente poco en la realización del proyecto.

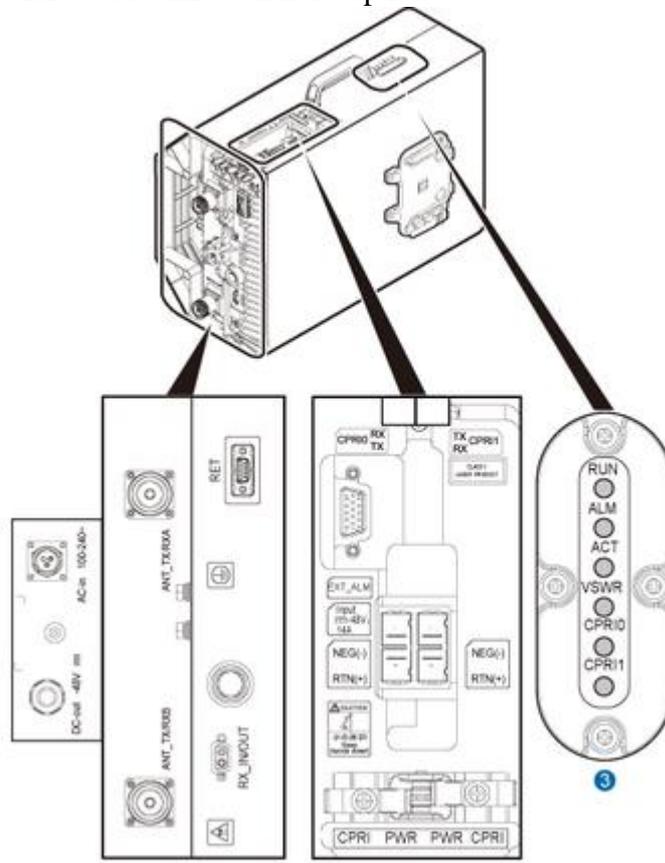
Como se ve las RFU son 1T2R, excepto la de 800MHz y las nuevas versiones. En el caso de necesitar que el sistema sea 2T2R las RFU permiten conectar dos en paralelo, aumentando así la potencia máxima y disponiendo de dos bocas 1T1R que hacen un conjunto 2T2R.

Tipo	Frecuencia	Potencia	Modo TXRX	Tecnologías
MRFU	900MHz 1800 MHz	80W	1T2R	GSM,UMTS, DCS, LTE
WRFU	2100 MHz	80W	1T2R	UMTS
LRFU	800 MHz	120W	2T2R	LTE
MRFUd	900MHz 1800 MHz	160W	2T2R	GSM,UMTS, DCS, LTE
WRFUd	2100 MHz	120W	2T2R	UMTS

**Tabla 1: Tipos de RFU**

### 2.3.2.2 RRU (Radio Remote Unit)

Las RRU están diseñadas para instalarse en el exterior, ya que al contrario de las RFU cuentan con su propio sistema de alimentación y refrigeración. Suelen instalarse en el propio mástil de las antenas para así reducir la atenuación introducida por los cables RF aunque se pueden encontrar instaladas en cualquier otro punto del sistema radiante. La conexión con la BBU se realiza con fibra óptica.



**Figura 15: “RRU3908”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

Las funciones que realizan las RRU son las mismas que realiza una RFU, la única diferencia remarcable es que todas funcionan modo 2T2R. En la Tabla 2 vemos los tipos de RRU utilizados en este proyecto y sus características.

Tipo	Frecuencia	Potencia	Modo TXRX	Tecnologías
RRU3908	900MHz 1800 MHz	80W	2T2R	GSM,UMTS, DCS, LTE
RRU3838	2100 MHz	80W	2T2R	UMTS
RRU3961	800 MHz	80W	2T2R	LTE
RRU3929	900MHz 1800 MHz	120W	2T2R	GSM,UMTS, DCS, LTE
RRU3839	2100 MHz	120W	2T2R	UMTS

**Tabla 2: Tipos de RRU**

### **3 Descripción de escenarios típicos 2G/3G**

En el desarrollo de este proyecto integraremos LTE en emplazamientos que ya cuenta con 2G y 3G en servicio. Hay multitud de disposiciones que nos podemos encontrar a la hora de integrar LTE en un emplazamiento, aunque la mayoría se pueden meter dentro de los cinco escenarios siguientes.

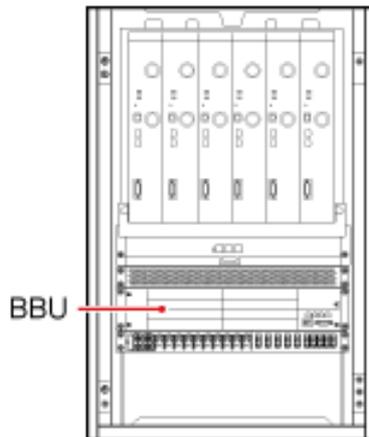
- Indoor Macro
- Outdoor Macro
- Indoor distribuido
- Outdoor distribuido
- Microceldas

La diferencia principal en cada uno de estos emplazamientos es la de los cabinet instalados, ya que tanto la BBU como las unidades radio son las mismas para todos los casos. En todos los escenarios se supondrá un emplazamiento de tres sectores con cuatro tecnologías (GSM, DCS, UMTS900 y UMTS2100).

Cuando se menciona macro o distribuido se está haciendo referencia al DCS ya que es la tecnología a tener en cuenta a la hora de integrar LTE1800. Es muy común en este operador combinar ambos sistemas, es decir algunas tecnologías en modo Macro y otras en modo Distribuido.

#### **3.1 Indoor Macro**

Es un tipo de emplazamiento de interior, esto es que los equipos se instalan dentro de un cuarto o caseta y al ser macro utiliza RFU como unidades de radiofrecuencia. En este tipo de emplazamiento se instala un cabinet conocido como BTS3900.



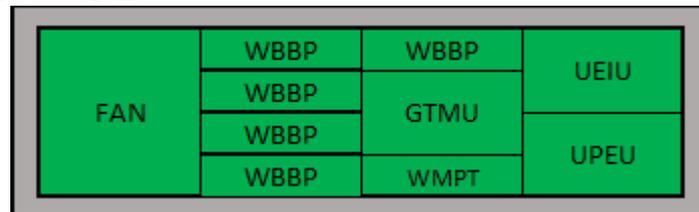
**Figura 16: “Cabinet BTS3900”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

El BTS 3900 tiene capacidad para albergar dos BBU y 6 RFU, si fuese necesario instalar más de 6 RFU sería necesario instalar otro BTS3900. En nuestro caso serían necesarias 9 RFUs (3 de 900 MHz, 3 de 1800 MHz y 3 de 2100 MHz) por lo tanto en este escenario cuenta con dos BTS3900.

El esquema de la BBU se muestra en la Figura 17. Podemos ver que cuenta con dos controladoras.

- La GTMU para el GSM y DCS
- La WMPT para el U2100 y U900

Se muestran 5 WBBP instaladas, en este caso el mínimo a instalar por hardware sería una y el resto se instalarían en función del número de portadoras de U2100 integradas y del tráfico que curse la estación.



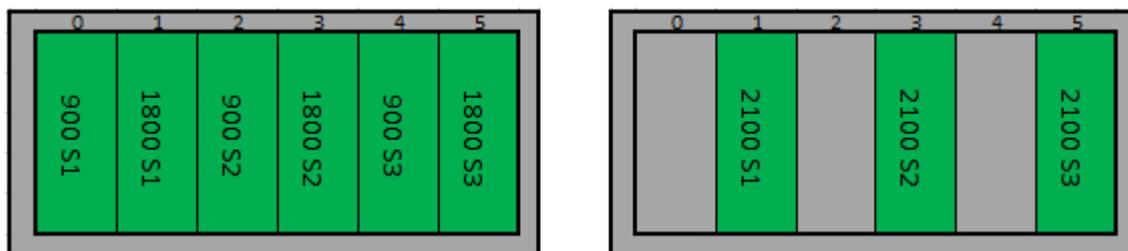
**Figura 17: Esquema BBU indoor macro**

El número de RFU instaladas viene dado por el número de sectores y de tecnologías integradas en el emplazamiento, se instala una RFU por sector y banda de frecuencia de esta manera GSM y U900 comparten RFU.

La disposición típica de las RFU se muestra en la Figura 18. El cabinet de la izquierda es el compartido con la BBU mientras que en el cabinet de la derecha solamente nos encontraríamos las RFU de 2100.

La conexión de las RFU con la BBU se realizaría mediante los puertos CPRI, las RFU de 1800 MHz se conectan a la GTMU mientras que las de 2100 MHz se conectan a la WBBP del slot 3. Las RFU de 900 MHz se han de conectar simultáneamente a la GTMU y a la WBBP del slot 3 ya que es un recurso compartido por ambas tecnologías.

Para facilitar la instalación y configuración de los equipos se hace coincidir en la manera de lo posible el número de puerto CPRI usado con el Slot donde está situada la tarjeta.



**Figura 18: Disposición de RFU en Indoor Macro**

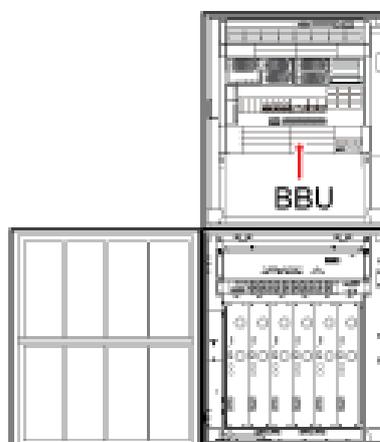
El cabinet BTS3900 no dispone de sistema propio de alimentación, es decir, debe conectarse a un cuadro eléctrico externo que lo alimente. Tampoco es capaz de generar alarmas externas, es decir, alarmas provocadas por el entorno y no por el equipo. Estas alarmas las genera una red de sensores instalados en la habitación que están conectados a un controlador llamado panel de alarmas.

En este tipo de escenario no es habitual encontrarse ninguna tecnología distribuida, aunque existen algunos casos en el que la banda de 2100MHz se instala mediante RRUs montadas en la torre. En este caso el segundo cabinet BTS3900 no sería necesario y la conexión de las RRUs se realizaría a los mismos puertos que si fuesen RFU.

### 3.2 Outdoor Macro

Este emplazamiento es de exterior, los equipos utilizados se montan a pie a la intemperie a pie de torre, por lo tanto deben ser equipos preparados para aguantar esta situación. Lo que se hace en este caso es instalar un cabinet del tipo APM30. Este cabinet en realidad está compuesto por varios armarios de los que destacamos tres:

- APM30: En este armario se instalan la BBU y los equipos de alimentación de la estación los cuales suministrarán energía al resto de elementos.
- RFC: Este armario monta las RFU necesarias y los sistemas de refrigeración de estas
- IBBS: Monta las baterías de respaldo por si el emplazamiento sufriese un corte de alimentación. Este cabinet no se encuentra instalado en todos los emplazamientos ya que no es indispensable, aunque es muy recomendable.



**Figura 19: “Cabinet APM30”, Huawei Technologies (2014), Recuperado de “3900 Series Base Station Product Documentation”**

La distribución de tarjetas en la BBU y de las RFU es idéntica al caso indoor y al igual que ocurría en este puede ser necesario añadir otro cabinet, en este caso un RFC, si se instalan más de 6 RFU.

En este tipo de escenario es muy común que nos encontremos que la banda de 2100MHz es distribuida y menos común aunque no es extraño encontrarse la banda de 900MHz también distribuida. Al igual que ocurre en el caso indoor no haría falta añadir el segundo RFC y las conexiones se realizarían igual.

### **3.3 Indoor Distribuido**

En este caso nos encontramos con un emplazamiento de interior en el que todas las tecnologías son en modo distribuido. Al ser interior nos encontramos con las mismas condiciones que en el caso Indoor Macro, cuarto protegido de la intemperie y sistema externo de alimentación.

La diferencia principal es que en este escenario no hay RFUs, por tanto no se necesita un cabinet para ellas con su alimentación y ventilación. Por este motivo este operador recurre a un rack genérico para estas situaciones, más sencillo y barato de instalar que el BTS3900, ya que únicamente se requiere de un soporte para la BBU. Esto es posible ya que la BBU tiene su propio adaptador de alimentación y su sistema de refrigeración, por tanto no requiere de ningún tipo de cabinet especial para funcionar. Este tipo montaje impide por completo que existan casos que tengan alguna tecnología en modo Macro.

En cuanto a las RRUs la conexión es similar a los casos anteriores. Las RRU900 se conectarán a la GTMU y WBBP, las RRU1800 a la GTMU y las RRU2100 a la WBBP.

Es muy común en estos emplazamientos que no exista la tecnología de DCS y por lo tanto no existan las RRU1800.

### **3.4 Outdoor Distribuido**

Este escenario está a la intemperie por lo que al igual que en el caso outdoor macro necesitamos un cabinet que soporte estas condiciones. El elegido en este caso vuelve a ser el APM30.

Al no haber necesidad de instalar RFU no se instala el cabinet RFC, instalando únicamente los cabinet APM30 e IBBS para las baterías de respaldo.

En cuanto a la conexión de las RRUs se realiza de la misma manera que en el caso indoor y al igual que este no hay casos con alguna tecnología en modo Macro.

### **3.5 Microceldas**

Las microceldas son emplazamientos de carácter reducido que generalmente cuentan con una sola celda omnidireccional. Están destinadas a cubrir huecos en el mapa de cobertura de un operador o para dar cobertura en el interior de edificios. Utilizan un pequeño cabinet llamado OMB, el cual dispone únicamente de espacio para una BBU, el sistema de alimentación del emplazamiento y el control de temperatura y ventilación.

El sistema radiante es distribuido en todos los casos. Esto hace que desde el punto de vista de configuración las microceldas se traten de manera idéntica que los Outdoor distribuido.

## 4 Simulación integración LTE

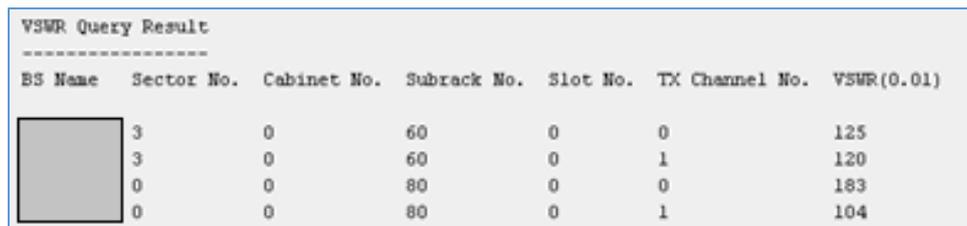
En este capítulo trataremos la integración de LTE en cada escenario, detallando paso a paso los procedimientos a seguir para minimizar el impacto sobre la red en funcionamiento y las pruebas a realizar una vez finalizada la integración para asegurarnos de que el emplazamiento no se ve degradado tras nuestra intervención.

### 4.1 Requisitos previos

Antes de comenzar el procedimiento del swap hay que verificar que se cumplen ciertos requisitos. El objetivo de estas comprobaciones es el de detectar de antemano posibles problemas que se pueden dar durante el swap y que por lo tanto retrasarían la instalación pudiendo afectar a los servicios actuales de la estación.

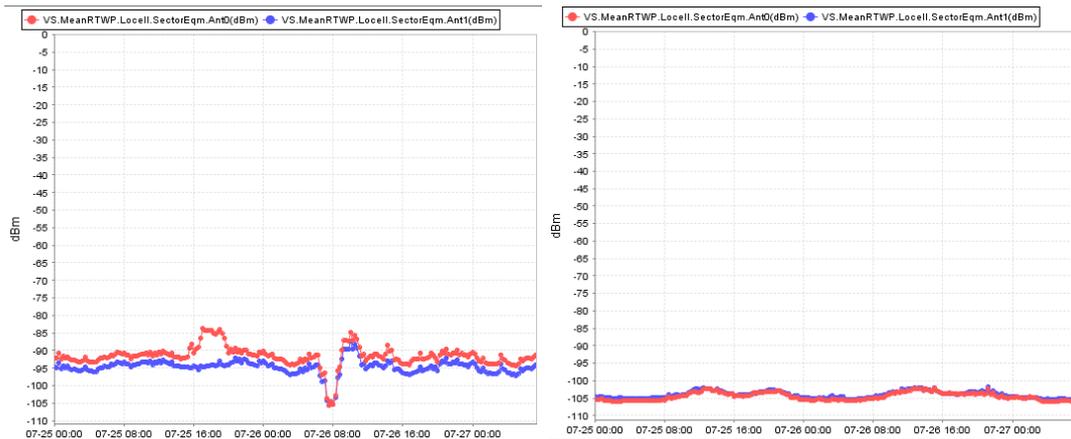
Las comprobaciones son las siguientes:

- **Crear el fichero de comisionado:** Este fichero contiene toda la configuración LTE tanto de transmisión como radio. Para crear el fichero con antelación se hace necesaria una planificación a una semana para que todos los equipos tengan listo el diseño a implementar.
- **Comprobar el estado actual de las celdas:** Se hará una comprobación previa a la intervención en la que se comprobará el número de celdas definidas y cuantas de estar se encuentran en activo, también se comprobará que no se esté reportando alguna alarma previa a la actuación.
- **Comprobar el sistema radiante:** Es necesario asegurarse de que hay posibilidad de conectar los módulos RF de LTE a las antenas. Debe haber una tirada libre conectada a las bocas de 1800MHz de las antenas. También ha de comprobarse el estado actual de todo el sistema radiante, para lo cual se medirán valores de ROE en todas las bocas y niveles de ruido para comprobar que nuestra intervención no ha afectado negativamente al sistema radiante. En la Figura 20 vemos como una RRU se encuentra de antemano con un valor alto de ROE, en este caso se reportaría el problema y se seguiría con la integración sin la necesidad de ser reparado.



BS Name	Sector No.	Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	TX Channel No.	VSWR(0.01)
	3	0	60	0	0	125
	3	0	60	0	1	120
	0	0	80	0	0	183
	0	0	80	0	1	104

Figura 20: Prueba previa de ROE, se aprecia una RRU OK mientras otra excede el máximo



**Figura 21: Medidas de RTWP previas.**

El RTWP es una medida de potencia que indica la cantidad de ruido que hay dentro de la celda. En la Figura 21 vemos dos casos, el de la derecha refleja una celda de UMTS que está funcionando correctamente mientras que en la izquierda corresponde a una celda con alto nivel de ruido.

El fichero de comisionado se puede crear con días de antelación ya que únicamente se necesitan los datos del diseño LTE los cuales son:

- Tipo de escenario
- Nombre y ID de red del eNodeB
- IP de eNodeB
- IP de GateWay
- IP de destino
- Número de celdas y ID de cada celda
- Relaciones de vecindad de las nuevas celdas con el resto de la red

Estos datos son introducidos en una plantilla que añade la información que es fija para todos los casos y se importa en el editor integrado en el gestor U2000. Una vez importado el nuevo nodo a través de la citada plantilla podremos exportar el fichero de configuración del nodo correspondiente.

## **4.2 Adecuaciones en el emplazamiento**

Una vez realizados los pasos previos se puede comenzar con la integración de la nueva tecnología en el emplazamiento.

El primer paso para esto es la instalación del nuevo hardware necesario, así como la sustitución de alguno ya existente o reubicación en caso necesario. Para todas estas labores se hace necesaria la colaboración de un técnico de campo, en esta fase la comunicación entre operador remoto y técnico de campo es crucial ya que cualquier modificación del hardware ha de repercutirse de forma coherente en la configuración para evitar degradar el servicio actual.

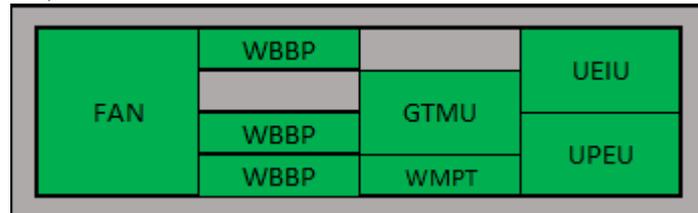
Por este motivo una vez el técnico de campo se encuentra en el emplazamiento se pondrá en contacto con el operador remoto, este tras comprobar que todo es correcto dará el visto bueno y se comenzará con la adecuación del hardware actual para posteriormente poder instalar el nuevo. Esta adecuación depende del tipo de emplazamiento por lo que detallaremos cada uno de los cuatro emplazamientos tipo.

## 4.2.1 Indoor Macro

Como vimos anteriormente este emplazamiento se caracteriza por estar en una ubicación interior y usar módulos RF del tipo RFU. En este emplazamiento habrá que realizar modificaciones tanto en la BBU como en el sistema RF.

### 4.2.1.1 BBU

Lo más común en estos casos es encontrarnos las siguientes tarjetas instaladas en la BBU: 1xWMPT, 1xGTMU, 3xWBBP.

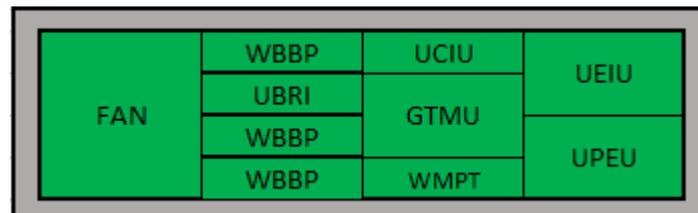


**Figura 22: Ejemplo de BBU para Indoor Macro**

En la Figura 22 podemos ver una típica BBU en el caso de indoor macro. Para realizar la integración de LTE es necesario que no haya más tarjetas instaladas (puede haber menos) en la BBU de las indicadas y han de estar en el orden mostrado.

En el supuesto de que las tarjetas estuviesen en otro orden el primer paso a realizar sería proceder a su reordenación. En el caso de que hubiese más tarjetas instaladas se trataría como un caso especial y diseño debería darnos una solución. Es típico encontrarse WBBP en los slots que han de quedar libres, en este caso la solución típica es eliminar alguna WBBP o sustituir dos por una de más capacidad.

Una vez tenemos la BBU tal y como se muestra en la Figura 22 procedemos a insertar dos nuevas tarjetas, una UCIU y una UBRI. La UCIU se inserta para permitir que la BBU existente y la nueva BBU de LTE puedan sincronizarse para usar simultáneamente las RFU de 1800MHz. La UBRI se usará para conectar nuevas RFU de 1800MHz como veremos más adelante.



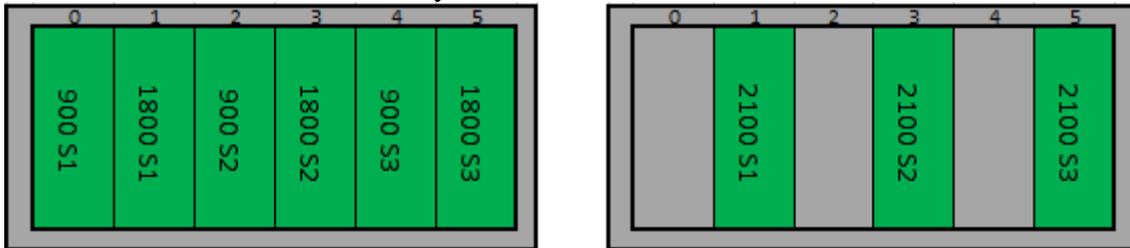
**Figura 23: BBU tras instalar UCIU y UBRI**

En la Figura 23 vemos cómo ha de quedar la BBU existente. Es importante que antes de continuar nos aseguremos que ambas tarjetas están correctamente instaladas y configuradas. La forma de comprobar esto es asegurarnos de que el gestor la pinta en verde en el diagrama y de que estas no están reportando ninguna alarma por mal funcionamiento, también es importante que el técnico local nos confirme que la tarjeta está encendida con los LEDs de funcionamiento encendidos y que no hay ningún LED de alarma activo.

Con esto la BBU existente ya estaría preparada y podríamos pasar a la adecuación del sistema RF.

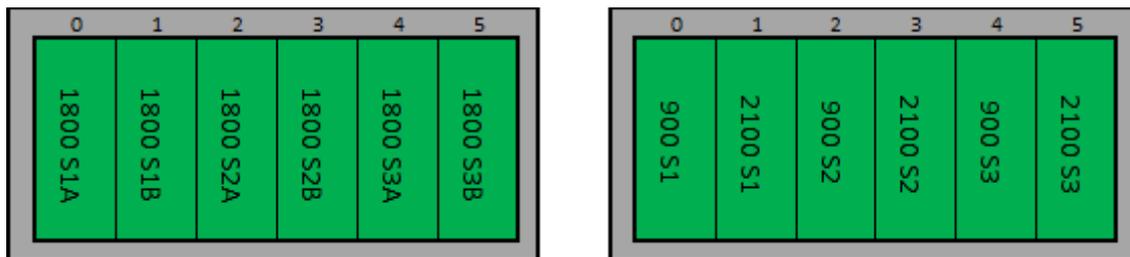
#### 4.2.1.2 Sistema RF

Hasta el momento los trabajos realizados en el emplazamiento no han conllevado pérdida de servicio ya que no ha sido necesario desconectar ningún equipo que se encuentre radiando. Esto ya no es así en las adecuaciones del sistema RF, por lo tanto es importante que estas se realicen con celeridad y teniendo claros los cambios a realizar.



**Figura 24: Disposición de RFU en indoor macro**

En la Figura 24 vemos la disposición inicial de las RFU que ya vimos en el capítulo anterior. El problema de esta distribución es que únicamente dispone de 1 RFU 1800MHz por sector, que tal como vimos son 1T2R. LTE requiere una configuración 2T2R para lo cual requiere de dos RFU montadas en paralelo por lo que hay que redistribuir las RFU de 1800MHz y 900MHz.



**Figura 25: Disposición objetivo de las RFU en Indoor Macro**

El objetivo es dejar las RFU de 1800MHz solas en un bastidor para así disponer de hueco para el montaje en paralelo. Para lograr esto es necesario mover las RFU de 900MHz al bastidor donde se encuentran las RFU de 2100MHz, durante esta operación el GSM y el U900 se verá interrumpido.

Una vez se han liberado los slots podemos instalar las nuevas RFU 1800MHz junto a las antiguas tal y como se muestra en la Figura 25. Para conectar las nuevas RFU a la BBU antigua tenemos el problema de que la GTMU ya tiene sus puertos en uso por tanto hay que liberar slots en la GTMU. La forma de realizar esto es trasladando los CPRI de las RFU 900MHz a la tarjeta UBRI que instalamos anteriormente, dejando así tres puertos libres para las tres nuevas RFU en la GTMU.

El siguiente paso sería interconectar las RFU de 1800MHz para tener un conjunto 2T2R y una vez este activo se procedería a mover el latiguillo RF de la boca B de la primera RFU a la boca A de la segunda, de esta forma ya estaría disponible el conjunto 2T2R para DCS y LTE. Como ahora disponemos de un sistema 2T2R para DCS tendremos que balancear los TRX de este para evitar que la potencia esté descompensada.

Finalizados los trabajos en el Sistema RF debemos asegurarnos de que los parámetros RF están dentro de los márgenes permitidos. Estos son ROE<1.5 y RTWP<-95 dBm. Es un caso bastante común encontrarse valores altos de ROE en la boca que antes no transmitía, este tipo de ROE no es fácilmente reparable ya que en la mayor parte de los casos existía

antes de la intervención pero no se pudo detectar debido a que dicha boca no transmitía y por tanto no reportaba ROE.

VSWR Query Result

BTS Index	BTS Name	Cell No.	Cell Index	Board No.	Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	Antenna Tributary No.	VSWR
				0	0	4	0	Tributary A	1.17
				1	0	4	2	Tributary A	1.15
				2	0	4	4	Tributary A	1.15
				3	0	60	0	Tributary A	1.18
				3	0	60	0	Tributary B	1.12
				4	0	61	0	Tributary A	1.12
				4	0	61	0	Tributary B	1.32
				5	0	62	0	Tributary A	1.11
				5	0	62	0	Tributary B	1.15
				6	0	4	1	Tributary A	1.24
				7	0	4	3	Tributary A	1.16
				8	0	4	5	Tributary A	1.10

Figura 26: Prueba de ROE de 900MHz y 1800MHz

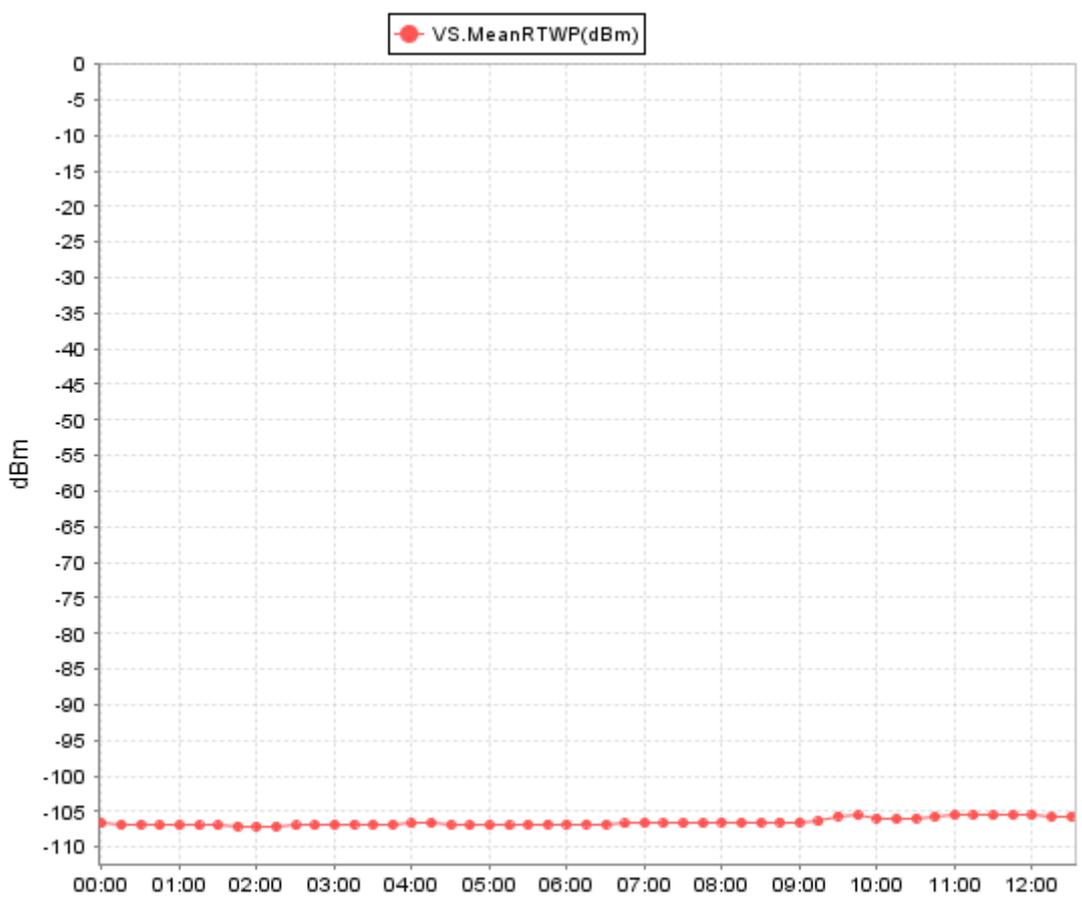


Figura 27: RTWP de una celda de U900

## 4.2.2 Outdoor Macro

Este tipo de emplazamiento es exterior y utiliza RFU para las tecnologías de 1800MHz. La configuración típica de este sitio es 2100 distribuido y 900-1800 macro, por tanto vamos a usar esta como modelo.

### 4.2.2.1 BBU

Este caso es idéntico al caso indoor macro ya que se hace necesario instalar UBRI y UCIU. Por tanto el caso representado en la Figura 22 y Figura 23 es válido aquí.

Hay una pequeña diferencia que consiste en que hay que añadir un APM30 completo donde irá la nueva BBU.

#### 4.2.2.2 Sistema RF

La adecuación del sistema RF cambia ligeramente respecto al caso indoor macro. En esta situación nos vemos obligados a instalar un nuevo cabinet APM30 completo ya que al no estar el 2100 en macro sólo dispones de seis slots en el rack RFC.

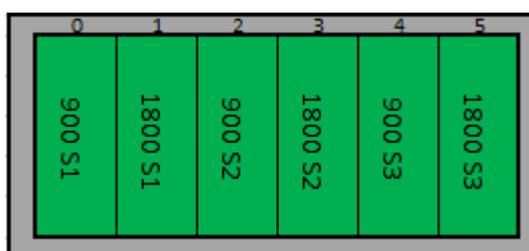


Figura 28: Disposición de RFU en Outdoor Macro

Con el nuevo cabinet ya disponemos de doce slots de nueve necesarios, pero al igual que nos ocurría anteriormente hay que reubicar RFUs dado que es necesario instalar las nuevas de 1800MHz junto a las antiguas. Esta vez desplazamos las RFU de 1800MHz al nuevo bastidor dejando las de 900MHz en su posición original evitando así el gran corte de servicio que se producía en el caso Indoor Macro. Haciendo esto ya dispondremos de espacio para montar las nuevas RFU junto a las antiguas como se ve en la Figura 29.

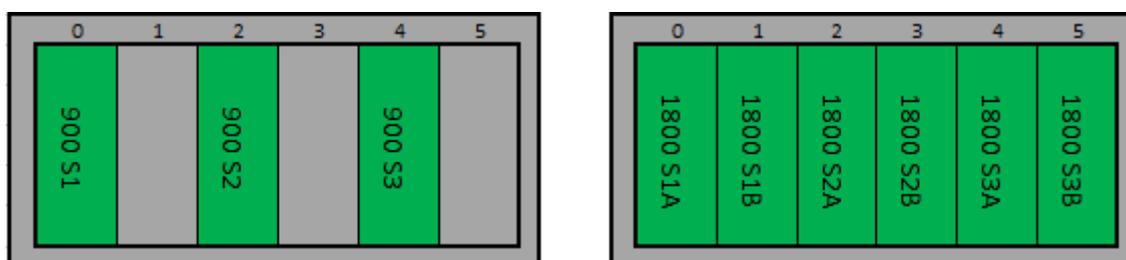


Figura 29: Disposición final de RFU en Outdoor Macro

Las conexiones con la BBU se realizan de igual manera que en el caso anterior, se migran las RFU de 900MHz a la UBRI y se conectan todas las RFU de 1800MHz en los CPRI de la GTMU.

Una vez estén todas las RFU operativas y sin reportar alarmas se conectará la actual boca B de las RFU 1800MHz a la boca A de la nueva RFU 1800MHz teniendo así el conjunto 2T2R.

Como igualmente hemos tocado el sistema radiante se hace necesario comprobar los valores de ROE y de RTWP en todas las tecnologías para asegurarnos de que todo queda radiando como estaba.

Si se diera el caso atípico de que la banda de 2100MHz es macro se procedería del mismo modo que en el caso indoor macro.

### 4.2.3 Indoor Distribuido y Outdoor Distribuido

En este caso nos encontramos el DCS en modo distribuido y con él todas las tecnologías existentes en el emplazamiento ya que como vimos el cabinet usado no permite RFU. Esto afecta directamente a las adecuaciones que hay que hacer tanto a la BBU como al sistema RF.

#### 4.2.3.1 BBU

Este caso difiere principalmente de los casos macro en que al ser las RFU 2T2R no es necesario instalar más hardware RF. Esto implica directamente que la UBRI no es necesaria y por lo tanto se permite una WBBP más tal y como se muestra en la Figura 30.



Figura 30: Disposición BBU en Indoor Distribuido y Outdoor Distribuido

Como en los casos anteriores si el punto de partida no es el mostrado en la Figura 30 habrá que realizar los cambios oportunos, ya sea reubicar tarjetas o sustituirlas. Desde este punto de partida únicamente habría que insertar la UBRI.

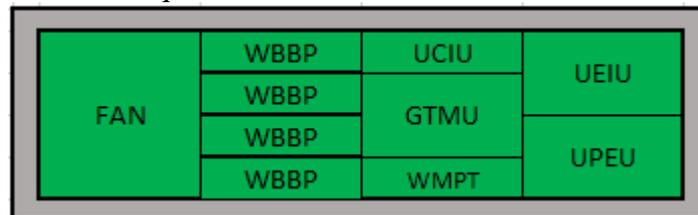


Figura 31: Disposición final BBU en Indoor Distribuido y Outdoor Distribuido

Como en los casos anteriores hay que asegurarse de que la instalación de la BBU queda correctamente antes de continuar para evitar las posibles degradaciones no previstas de la red.

#### 4.2.3.2 Sistema RF

La adecuación del sistema RF en este caso es totalmente diferente a los casos Macro. En este escenario no van a existir los problemas de falta de slots ni habrá que reubicar tecnologías para hacer espacio ya que las RRU no van sobre racks, si no que se anclan directamente a la torre.

En este escenario podemos distinguir dos casos:

- No existen RRU de 1800 MHz
- Existen RRU de 1800MHz de 80W

En el primer caso la solución es sencilla, hay que montar nuevas RRU de 1800MHz de 80W o 120W que usará el LTE en exclusiva. Dicho trabajo no influye en el servicio por lo que se dispone de todo el tiempo que sea necesario.

El segundo caso es algo más complejo ya que una RRU de 80W no dispone de la potencia necesaria para funcionar LTE y DCS con la potencia mínima de ambos. Por lo que la

solución pasa por sustituir las actuales RRU de 80W por RRU de 120W. Este es un trabajo lento y con un gran impacto sobre el servicio ya que durante el tiempo en el que se está sustituyendo la RRU no hay servicio ninguno.

Para minimizar los impactos se sigue un procedimiento estricto durante la intervención.

- Esta se realizará siempre sector a sector y nunca cortando varios sectores al mismo tiempo.
- Cuando se pueda se instalará la nueva RRU en su soporte antes de desconectar la actual. Si no hay espacio físico no queda más remedio que desmontar la existente.
- Cada vez que se termine con un sector el técnico de campo avisará a operaciones para comprobar que esta queda radiando y sin alarmas. Además de comprobar ROE y RTWP de la misma manera que se revisó en el caso Indoor Macro.

Una vez se han instalado las nuevas RRU de 1800MHz se puede dar paso a la integración de LTE.

### **4.3 Adecuación del sistema radiante**

Hay ocasiones en las que el sistema radiante instalado no se puede utilizar para radiar LTE y por lo tanto hay que modificarlo o sustituirlo completamente en según qué casos. Estas situaciones se dan cuando no existe DCS previo integrado en el emplazamiento, por lo cual no hay tirada de 1800MHz instalada. A la hora de instalar la tirada RF de 1800MHz hay tres casos diferentes

- La antena no tiene banda de 1800MHz: Es necesario en este caso cambiar la antena
- La antena dispone una banda dual 1800-2100 MHz que está en uso por la banda de 2100 MHz: En este caso se instala un combinador en la base de la torre para radiar ambas tecnologías por la misma boca de la antena.
- La antena dispone de una banda de 1800MHz libre: Esta situación se solventa combinando 1800MHz y 2100MHz abajo para después diplexarlo arriba. De esta forma se ahorra instalar una nueva tirada que es costosa de poner.

#### **4.3.1 Antenas**

Es la adecuación más común que se realiza ya que se aprovecha la intervención para modernizar el sistema radiante y dotarlos con los nuevos sistemas de RET (Remote Electrical Tilting).

Si las antenas actuales no disponen de banda de 1800MHz se procede a desinstalar las existentes y a instalar una nueva antena que disponga de esta banda. La antena a instalar depende de las tecnologías del emplazamiento, el espacio disponible y las condiciones de diseño.

Las antenas más utilizadas en este proyecto son de la marca Huawei y se muestran en la Tabla 3. Estas antenas no son las únicas que se utilizan pero sí que están presentes en la mayor parte de cambios de antena ya que con ellas disponemos de todas las bandas usadas por este operador.

Modelo	Bandas	Descripción
ADU4518R0	790-960MHz 1710-2180 MHz	Antena
ATR4516R0	790-960MHz 1710-2180 MHz	Antena de la
AQU4518R4	790-862 MHz 880-960 MHz 1710-2690 MHz	Antena 900M

**Tabla 3: Tipos de antenas más utilizados**

El cambio de antenas es una operación larga y delicada ya que afecta a todos los servicios del sector en curso durante varias horas, además es un trabajo de altura por lo que es necesaria la luz del día por lo que no se pueden utilizar las horas nocturnas para minimizar impacto. Generalmente y salvo excepciones estos trabajos se realizan desde primera hora de la mañana.

Al igual que en las adecuaciones del emplazamiento es necesario comprobar el estado previo del emplazamiento para asegurarnos que no se degrada ninguno de los servicios actuales.

Las antenas no disponen de gestión a través de U2000 por tanto es un trabajo que tendrá que realizar el técnico de campo siguiendo el diseño que le hayan facilitado. Una vez el técnico nos informe que el trabajo ha finalizado se debe comprobar que las celdas quedan arriba, que el ROE no es elevado en ninguna tirada y que el RTWP tiene valores similares a los anteriores.

Al cambiar la antena se afecta al área de cobertura ya que el diagrama de radiación de ambas antes no tiene por qué ser el mismo. Para solventar esto todas las antenas instaladas disponen de RET integrado, este mecanismo permite modificar la inclinación de la antena remotamente. Para ello es necesario que sean configurados, configurar los RETs del vendedor Huawei es bastante sencillo debido a que con un simple comando el U2000 escanea y te muestra los números de serie de cada RET instalado en el emplazamiento.

Teniendo los números de serie simplemente se trata de emparejar estos con un ID, este ID es el que usará U2000 para localizar el RET y modificar el Tilt eléctrico. La importancia de los RETs reside en que tras el cambio de antena un equipo de monitorización sigue la evolución de las celdas del emplazamiento y modifica el tilt que sea necesario para obtener un alcance de cobertura lo más similar posible al que había antes del cambio de antenas.

Result	ALD Device Type	Vendor Code	Serial No.
SUCCESS	STMA	HW	F400403714707CC
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC044988668r
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC044A5254rr
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC044C689yyR
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC044B4926yL
SUCCESS	STMA	HW	F150385314707FE
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC042P22288r
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC042Q5555rr
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC042S733yyR
SUCCESS	SINGLE_RET	HW	M1360EC042R8127yL

**Figura 32: Ejemplo de escaneo de RET en un emplazamiento**

```

Display RET Dynamic Information
-----
Device No.  Device Name  Actual Vendor Code  Actual Device Serial No.

3           RET_800_ $1  HW                M1360EC044988668r
4           RET_900_ $1  HW                M1360EC044A5254rr
5           RET_1800_ $1 HW                M1360EC044C689yyR
6           RET_2100_ $1 HW                M1360EC044B4926yL
7           RET_800_ $2  HW                M1360EC042P22288r
8           RET_900_ $2  HW                M1360EC042Q5555rr
9           RET_1800_ $2 HW                M1360EC042S733yyR
10          RET_2100_ $2 HW                M1360EC042R8127yL

```

**Figura 33: Asociación Número de Serie con ID del RET**

### 4.3.2 Diplexores y combinadores

Un diplexor y un combinador es en realidad el mismo elemento, el cual se puede utilizar para combinar dos bandas por una misma tirada de cable RF o bien para separar ambas bandas en sendas tiradas de cable RF.

El uso de combinadores está muy extendido ya que permite ahorrar en las grandes tiradas de cable al meter varias bandas por el mismo. Como contrapartida hay que remarcar que son propensos a elevar el nivel de ruido que encontramos en la tirada.

Existen multitud de ellos en función de las bandas a combinar por lo que no podemos poner aquí todos los usados durante el proyecto. La instalación de estos afecta en igual medida que el cambio de antenas, con la diferencia que suelen llevar bastante menos tiempo. El procedimiento de instalación desde operaciones no difiere en absoluto al del cambio de antenas, ya que habrá que comprobar el estado previo del radiante y final una vez haya terminado.

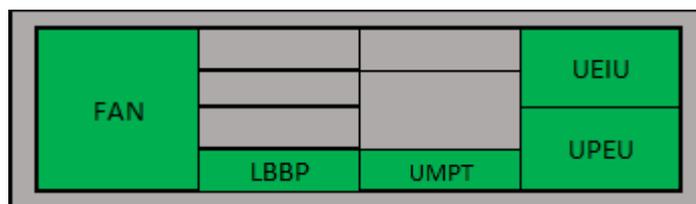
A diferencia de las antenas estos elementos no afectan al alcance de la estación, por lo que una vez instalados y todos los parámetros comprobados correctamente no afectan al servicio.

## 4.4 Integración LTE

Una vez se han adecuado las tecnologías existentes podemos comenzar con la integración de LTE.

### 4.4.1 Instalación hardware LTE

Comenzaremos añadiendo el hardware necesario, en este caso una nueva BBU equipada con una UMPT y una LBBP tal como se puede ver en la Figura 34.



**Figura 34: BBU para LTE**

Esta UMPT se ha de conectar a la UCIU instalada a través del puerto CI como ya se indicó en un capítulo anterior. A la LBBP se deben conectar las 6 MRFU 1800MHz ya preparadas en modo 2T2R o las 3 RRU 1800MHz de 120W.

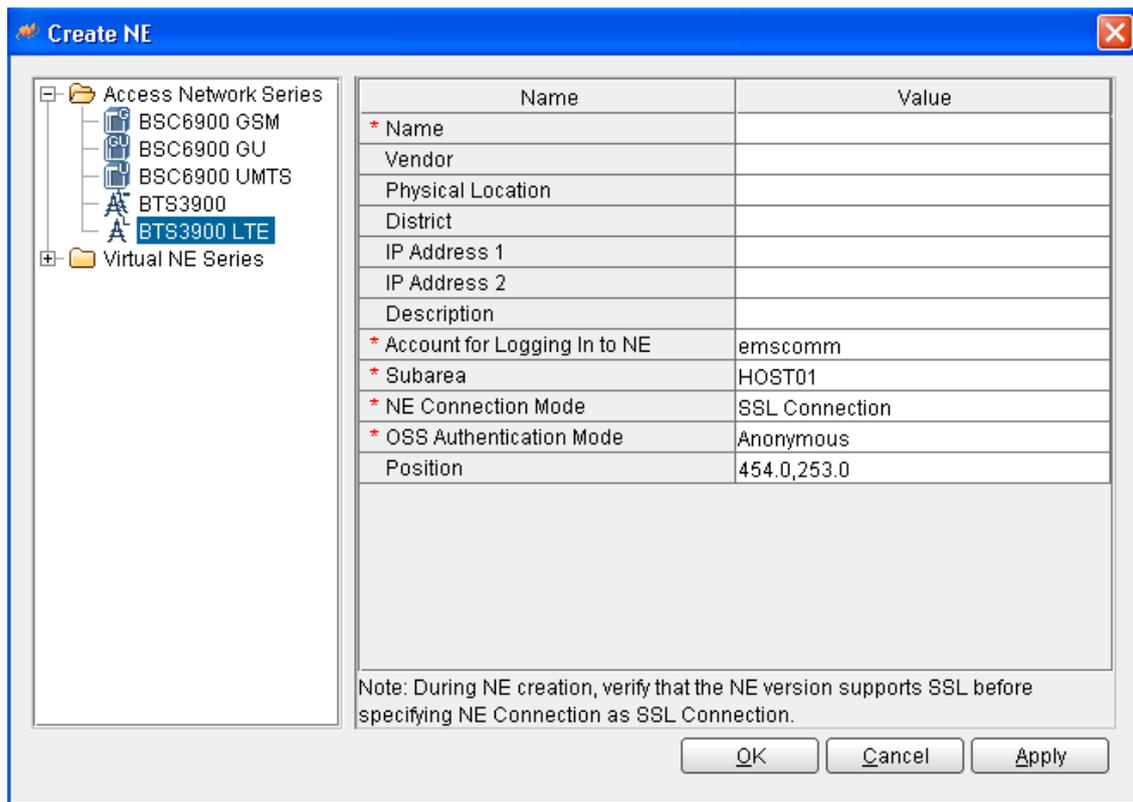
### 4.4.2 Comisionado UMPT

Cuando está el nuevo hardware instalado y conectado se procede al comisionado de la nueva UMPT, este procedimiento consiste en cargarle el fichero de configuración conectando un PC en local.

Durante el comisionado el PC se configura como un servidor FTP que contiene el fichero, acto seguido por línea de comando se fuerza a la UMPT a descargar dicho fichero desde la IP del PC, una vez lo descargue la UMPT reiniciará y cargará la nueva configuración.

Tras esta carga el nuevo equipo estará configurado y podrá tener gestión remota pero antes hay que configurar la parte del gestor U2000 y conectar la nueva UMPT al enlace RTN.

Debido a la ausencia de controladoras en LTE la configuración en el gestor se hace muy sencilla siendo necesario únicamente proporcionarle el nombre del eNodeB y la IP que tiene el eNodeB. Aunque esta es la información necesaria el gestor permite introducir información de cara a organizar la red como puede ser la localización física del emplazamiento o indicar que el eNodeB cuelga de un grupo como puede ser una provincia.



**Figura 35: Configuración nuevo eNodeB en U2000**



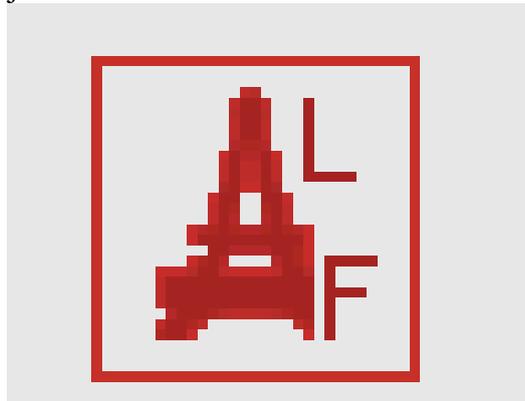
**Figura 36: eNodeB configurado sin gestión**

Con el eNodeB configurado en ambos extremos podemos realizar la conexión física, esta se realiza mediante un cable Ethernet desde la UMPT al puerto asignado por diseño en el RTN. Si la configuración es correcta en ambos extremos el nodo entrará en gestión y pasará a estar representado como en la Figura 37. El color rojo indica que el eNodeB está reportando alarmas, estas alarmas son normales y habrá que limpiarlas en los siguientes pasos.

#### **4.4.3 Actualización de Software y carga de licencia**

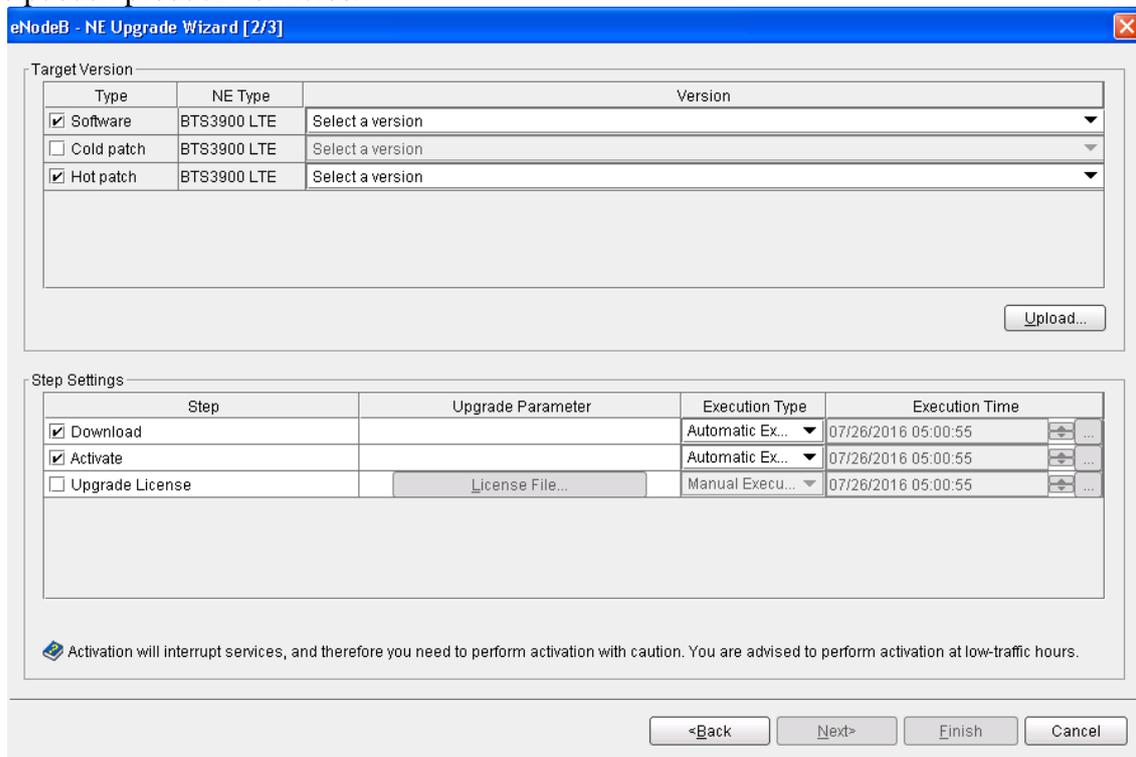
Lo primero que debe hacerse una vez tenemos el eNodeB en gestión es actualizar la versión de software a la versión que esté desplegada en red. Es un proceso que se puede

realizar de forma semiautomática a través del gestor U2000 indicando eNodeB y versión objetivo. El proceso tarda entre 15 y 30 minutos dependiendo de la versión actual de la UMPT y de la versión objetivo.



**Figura 37: eNodeB en gestión alarmado**

Mientras dura la actualización es recomendable no realizar ninguna configuración ya que se pueden producir reinicios.



**Figura 38: Ventana del asistente de actualización**

Una vez concluida la actualización deberemos cargarle una licencia al eNodeB para que se puedan activar las celdas. Estas licencias las suministra Huawei específicamente para cada eNodeB en función de lo que el operador haya contratado para el emplazamiento. Debido a que la obtención de la licencia comercial definitiva puede tardar varias horas incluso días en estar disponible se caga una versión trial. Esta licencia permite activar el eNodeB y realizar las pruebas pertinentes durante un tiempo limitado.

#### 4.4.4 Configuración RRU/RFU

Es frecuente tener que configurar las RRU/RFU debido a que la plantilla usada para crear el fichero de configuración no es consistente con la instalación real. Esto se debe a que hay emplazamientos en los que por algún problema no se puede seguir la configuración estándar.

Las RRU/RFU se configuran sobre un chain, el chain a su vez está asignado a un CPRI concreto de la LBBP. A las RRU/RFU también hay que indicarles el modo de trabajo, esto es, si van a funcionar sólo para LTE o son de uso compartido con DCS. En la Figura 39 vemos un ejemplo de RRUs configuradas sólo para LTE (LTE\_FDD) mientras que en la Figura 40 vemos el ejemplo de seis RFU trabajando en modo dual (GSM\_LTE).

```
List RRU/RFU Configure Information
-----
Cabinet No.  Subrack No.  Slot No.  Administrative State  RRU Topo Position  RRU Chain No.  RRU Position  RRU type  RF Unit Working Mo
0            70           0         Unblocked             TRUNK              0              0             LRRU     LTE_FDD
0            71           0         Unblocked             TRUNK              1              0             LRRU     LTE_FDD
0            72           0         Unblocked             TRUNK              2              0             LRRU     LTE_FDD
(Number of results = 3)
```

**Figura 39: Asignación de RRU a chain**

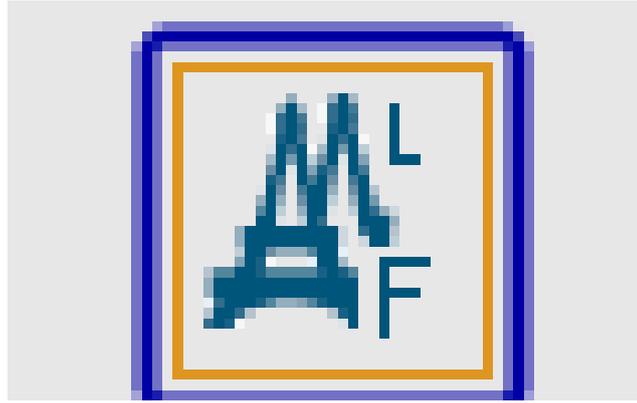
```
List RRU/RFU Configure Information
-----
Cabinet No.  Subrack No.  Slot No.  Administrative State  RRU Topo Position  RRU Chain No.  RRU Position  RRU type  RF Unit Working
0            4            0         Unblocked             TRUNK              0              0             MRFU     GSM_LTE
0            4            1         Unblocked             TRUNK              1              0             MRFU     GSM_LTE
0            4            2         Unblocked             TRUNK              2              0             MRFU     GSM_LTE
0            4            3         Unblocked             TRUNK              3              0             MRFU     GSM_LTE
0            4            4         Unblocked             TRUNK              4              0             MRFU     GSM_LTE
0            4            5         Unblocked             TRUNK              5              0             MRFU     GSM_LTE
(Number of results = 6)
```

**Figura 40: Asignación de RFU a chain**

```
List RRUCHAIN Configure Information
-----
Chain No.  Topo Type  Backup Mode  Head Cabinet No.  Head Subrack No.  Head Slot No.  Head Port No.  Tail Cabinet No.  Tail Subrack No
0          CHAIN    COLD         0                 0                 3              0              NULL             NULL
1          CHAIN    COLD         0                 0                 3              1              NULL             NULL
2          CHAIN    COLD         0                 0                 3              2              NULL             NULL
(Number of results = 3)
```

**Figura 41: Asignación de chain a puerto de LBBP**

Con la licencia trial cargada correctamente y el sistema RF configurado el eNodeB presentará un aspecto en el gestor como el que se aprecia en la Figura 42. La aspa ha desaparecido y el color azul nos indica que no hay ninguna alarma.



**Figura 42: Aspecto de un eNodeB en gestión y sin alarmas en U2000**

Se puede dar el caso que la instalación en el emplazamiento no coincida exactamente con la plantilla tipo usada para crear el fichero de configuración, eso provocaría que en este punto tuviésemos alguna alarma de Hardware. Estas alarmas se pueden dar por tres casos:

- Existe algún elemento hardware configurado que no se ha instalado realmente.
- Algún elemento hardware se ha tenido que instalar en una posición diferente a la habitual.
- Existe algún elemento hardware instalado que no se encuentra configurado.

En ambos tres casos la solución es la misma, ponerse en contacto con el técnico en campo para bien modificando la configuración o la *instalación* hacer que ambas sean coherentes.

Existen otro tipo de alarmas frecuentes llamadas *Intersystem* estas alarma lo que nos están indicando que algún elemento compartido por dos o más tecnologías está configurado de distinta manera en cada uno. Esto ocurre porque desde el gestor vemos dicho elemento como independiente para cada tecnología pero físicamente es el mismo, por lo que la configuración remota de dicho elemento deberá ser idéntica en todas las tecnologías que la utilicen. Este fallo puede ser por dos causas:

- Configuración remota no consistente.
- Existe un cruce en el cableado local, por lo cual se cruza la configuración de dos o más tarjetas.

Es difícil detectar a priori en cuál de los dos casos estamos, por lo que el procedimiento es avisar al técnico local para que revise el cableado mientras en remoto se revisa la configuración. Es importante que la configuración de RRU/RFU que se aplica a LTE sea la misma que en DCS en caso de que compartan el sistema RF.

List BTS RXU Board

BTS Index	BTS Name	Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	Board Type	RXU Specification	RXU Spec Value	RXU Spec Name	RXU Name
		0	4	0	MRFU	MRFU V2 SPEC	61	MRFU_V2	0-4-0
		0	4	1	MRFU	MRFU V2 SPEC	61	MRFU_V2	MRFU-0-4-1
		0	4	2	MRFU	MRFU V2 SPEC	61	MRFU_V2	0-4-2
		0	4	3	MRFU	MRFU V2 SPEC	61	MRFU_V2	MRFU-0-4-3
		0	4	4	MRFU	MRFU V2 SPEC	61	MRFU_V2	0-4-4
		0	4	5	MRFU	MRFU V2 SPEC	61	MRFU_V2	MRFU-0-4-5

**Figura 43: Asignación RFU en DCS**

En la Figura 43 vemos la configuración de la parte DCS del caso mostrado en la Figura 40 donde se ve que las RFU están configuradas en el mismo cabinet/subrack/slot.

Una vez solucionados los problemas que nos hemos podido encontrar la integración de LTE ya estaría realizada a falta de realizar las pruebas para darla por completada.

#### 4.4.5 Pruebas Pre-Activación

Antes de activar los sectores de LTE hay que comprobar los niveles de ROE en la banda LTE. El gestor U2000 nos permite comprobarlo fácilmente lanzando un comando. Ninguna tirada debe superar el valor 1.5, el cual es el establecido por el operador para garantizar la calidad del servicio.

Si el valor de ROE obtenido sobrepasa el máximo permitido y en las pruebas previas a la intervención este era correcto habrá que revisar la instalación en local para subsanar el fallo. Si el valor obtenido es del orden de 25 no está indicando que el circuito está abierto o bien la tirada tiene instalado un componente que filtra la frecuencia de LTE.

```
VSWR Query Result
-----
BS Name      Sector No.  Cabinet No.  Subrack No.  Slot No.  TX Channel No.  VSWR(0.01)
-----
[Redacted]  1           0            4            0         0              116
[Redacted]  1           0            4            1         0              130
[Redacted]  2           0            4            2         0              106
[Redacted]  2           0            4            3         0              110
[Redacted]  3           0            4            4         0              113
[Redacted]  3           0            4            5         0              113
```

**Figura 44: Prueba de ROE correcta**

Para evitar degradaciones del servicio hay que comprobar que las vecinas que se cargan mediante el fichero realmente se han cargado. Se comprueba fácilmente listándolas por comando, no es necesario que estén todas las del diseño ya que el diseño puede contener vecinas contra nodos que aún no existen pero la mayor parte deberían entrar.

#### 4.4.6 Pruebas durante activación

Si el eNodeB tiene vecinas cargadas y el ROE está dentro de los valores permitidos se podrán activar las celdas para continuar las pruebas. Con las celdas activadas hay que comprobar dos puntos:

- El técnico en local es capaz de conectarse a las celdas con un teléfono 4G
- El nivel de RSSI medido en remoto no es superior a -115dBm

Si esto no fuera así se deberá apagar las celdas inmediatamente para evitar degradaciones en la red.

Si se cumplen ambos puntos las celdas se quedan activadas y se realizarán cinco pruebas de velocidad en cada sector para comprobar que cumple con la calidad requerida. Estas pruebas deberán darnos como resultado un mínimo de 36Mbps para el DL y 18 Mbps para el UL.



**Figura 45: Prueba de velocidad realizada a una celda LTE**

En la Figura 45 vemos una prueba de velocidad en la que los valores obtenidos cumplen holgadamente con los mínimos de calidad (derecha) mientras en la otra no se cumplen en ninguno de los intentos (izquierda). Si todas las pruebas radio (ROE, RTWP e interferencia externa) cumplen los valores exigidos y la prueba de velocidad no mejora se dejarían las celdas activadas reportando la situación a Huawei para analizar el caso.

Adicionalmente mientras se hacen las pruebas de descarga en local se comprueba mediante una APP llamada G-Net Track la celda a la que se conecta en cada sector, esta prueba simple y rápida permite descartar posibles cruces de sectores en el radiante.

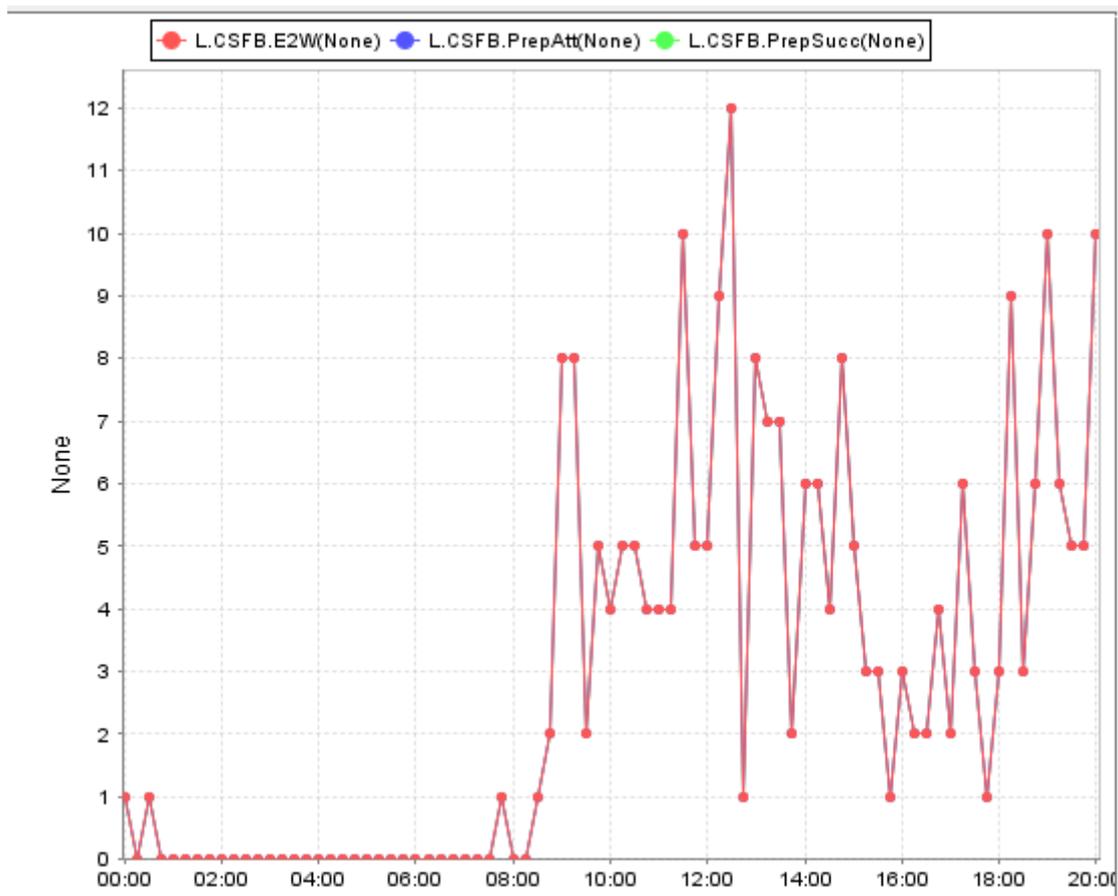
Una vez las pruebas de velocidad se han completado se puede dar la integración de LTE por finalizada y se deja el nuevo eNodeB radiando.

#### 4.4.7 Pruebas Post-Activación

Tras la activación es necesario comprobar varios KPIs para asegurarnos de que la nueva tecnología funciona correctamente y que no hay interferido en el normal funcionamiento de las anteriores.

Para comprobar los KPIs se usa el gestor U2000, este gestor tiene un servidor FTP que periódicamente recoge los KPIs de todos los emplazamientos que gestiona. Esto permite comprobar rápidamente los KPIs de varios emplazamientos.

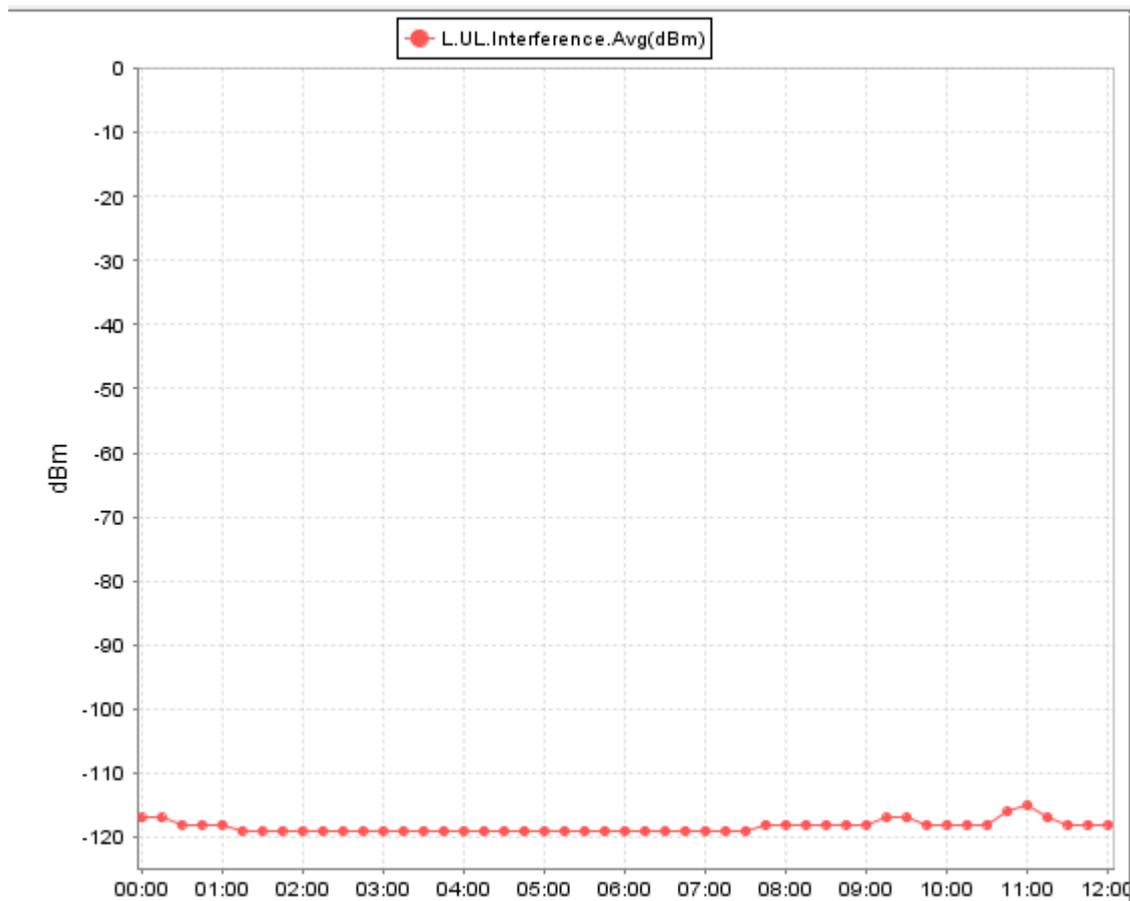
El primer KPI de LTE que se debe comprobar es el conocido como FallBack (CSFB). El CSFB es el contador que recoge los intentos y éxitos de salto de la red LTE a la 3G. Recordemos que LTE actualmente no cursa llamadas de voz y por tanto requiere usar la red 3G. Si el contador de intentos de CSFB es muy superior al de éxito está indicando que los intentos de llamada a través de LTE están fallando. Este fallo se produce cuando no están bien configuradas las vecinas entre las dos redes.



**Figura 46: KPI de CSFB de una celda LTE.**

El CSFB que vemos en la Figura 46 coincide exactamente en número de intentos como de éxitos por lo que comprobamos que se están realizando correctamente las llamadas de voz estando conectado a la red LTE.

Por seguridad, pasada una hora se comprueban de nuevo los valores de RSSI en el histórico para descartar problemas. Estos valores deben seguir siendo inferiores a -115dBm y no puede presentar extensos picos por encima de este umbral (Se aceptan pequeños picos aislados no prolongados en el tiempo).



**Figura 47: Gráfico de RSSI en LTE**

La gráfica de la Figura 47 muestra el valor medio del RSSI en toda la banda de LTE, esto es útil para detectar problemas pero aporta poca información. Ya que en caso de tener problemas con el RSSI no sabríamos si se encuentra en toda la banda o es focalizado en unas frecuencias determinadas o si afecta a ambas tiradas del sistema radiante por igual o sólo a una de ellas.

Por lo tanto, en el caso de tener un problema de RSSI se debe monitorizar en tiempo real para poder sacar conclusiones. En general podemos encontrarnos tres situaciones:

- El RSSI afecta a toda la banda y de manera desigual a cada tirada: Algún elemento está introduciendo ruido o PIM en la tirada afectada. Figura 48
- El RSSI afecta a ambas tiradas por igual y se focaliza en unas frecuencias determinadas: Por lo general estas situaciones se deben a una interferencia externa que puede estar provocada por otro sector de la misma estación, por otra estación vecina del mismo o distinto operador o por algún sistema radiante cercano destinado a otro propósito. Figura 49
- El RSSI afecta a toda la banda por igual y ambas tiradas: Suele deberse a problemas de saturación en recepción, se soluciona fácilmente atenuando la señal a la entrada de la RFU/RRU.

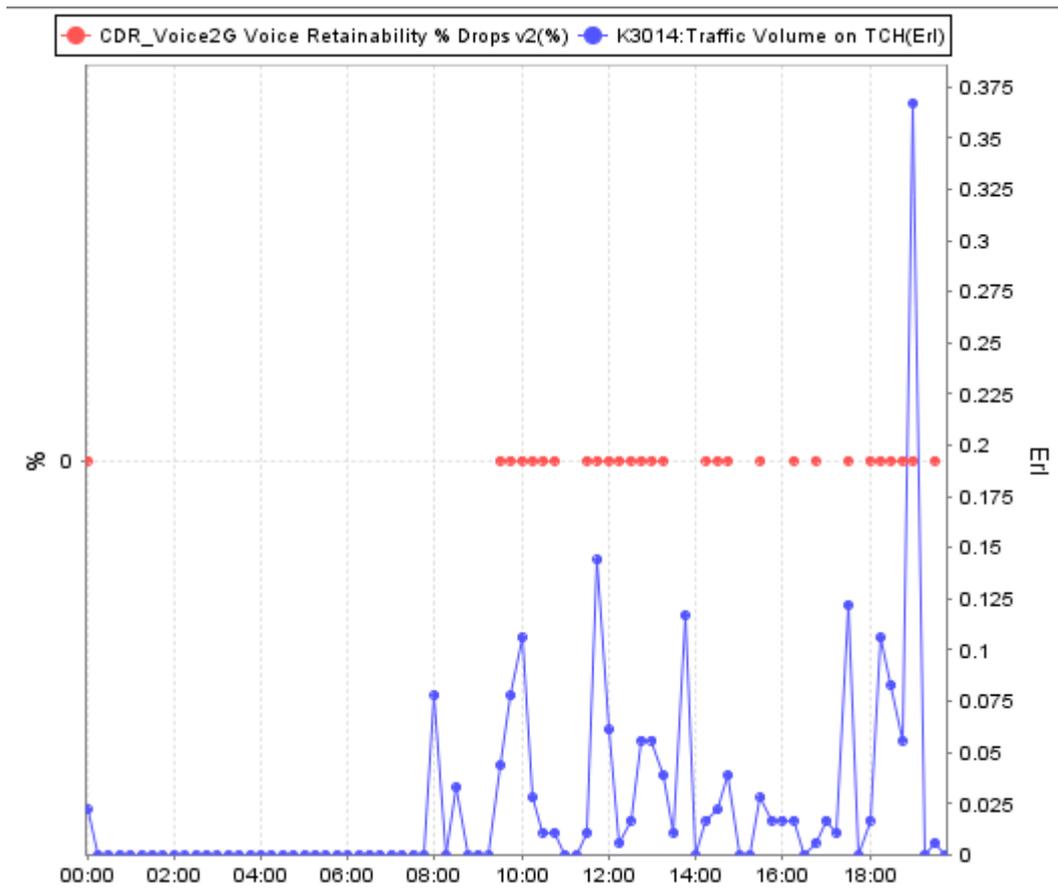


**Figura 48: RSSI en LTE desigual en ambas tiradas que afecta a toda la banda**



**Figura 49: RSSI en LTE concentrado en una frecuencia**

También es aconsejable comprobar que los KPIs de DCS no se han visto degradados, sobre todo el que mide la accesibilidad de la celda, al igual que los KPIs de LTE estos son fácilmente accesibles a través de U2000.



**Figura 50 : KPIs básicos de una celda 2G**

En la Figura 50 se muestra un ejemplo de KPIs en 2G. La línea azul representa el tráfico en Erlangs mientras que la roja es el porcentaje de conexiones rechazadas. Como se ve la celda está cursando tráfico y no tira conexiones lo que nos permite afirmar que se encuentra funcionando sin problemas.

En el caso de que la celda no estuviese funcionando como debería lo primero que apreciaríamos es que descartaría un gran número de conexiones. Se permite y es normal encontrarse casos que el Drop esté en torno al 1-2% debido a tráfico intenso.

#### ***4.5 Posibles problemas durante la integración***

Durante la realización del proyecto nos hemos tenido que enfrentar a diferentes problemas que pueden retrasar e incluso llegar a retrasar la integración. Vamos a explicar brevemente las más habituales y sus soluciones frecuentes.

##### **4.5.1 El nuevo eNodeB no entra en gestión**

Puede ocurrir que tras comisionar el nodo en local y configurarlo en remoto este no llegue a sincronizar y no podamos obtener gestión remota de él. Este problema es bastante habitual y se puede solucionar fácilmente en la mayoría de los casos.

Lo primero de todo es comprobar que el cable Ethernet que se utiliza para la transmisión del eNodeB está correctamente instalado, hay dos formas de comprobar esto.

- Físicamente en local con inspección visual.
- Remotamente accediendo a la gestión del equipo de transmisión puedes comprobar que haya un cable conectado en el puerto correspondiente.

El siguiente paso sería comprobar que la configuración IP cargada en el eNodeB coincide con el diseño. En este punto habrá que prestar especial atención a las máscaras de subred y etiquetas de VLAN.

De ser correcta la configuración en el eNodeB se comprobará que la IP configurada en el Gateway se corresponde con la de diseño. Si en ambos extremos la IP está bien configurada y ambas están dentro de la misma subred delimitada por la máscara correspondiente habrá que revisar los saltos intermedios por si alguno estuviese bloqueando la VLAN.

Estas comprobaciones solucionan el problema en la mayoría de los casos, si tras estas el problema persiste habrá que ponerse en contacto con el equipo encargado de los equipos de transmisión para que revisen su configuración.

#### 4.5.2 Las celdas de LTE no se activan

En algunos casos al activar las nuevas celdas de LTE estas reportan fallos y no levantan. Puede deberse a múltiples fallos pero los más habituales son los siguientes.

En un primer paso nos aseguraremos que el hardware está debidamente conectado, esto se hará visualmente por parte del técnico y en remoto se comprobará que no haya alarmas de hardware y que todos los equipos están activos y sincronizados con la controladora.

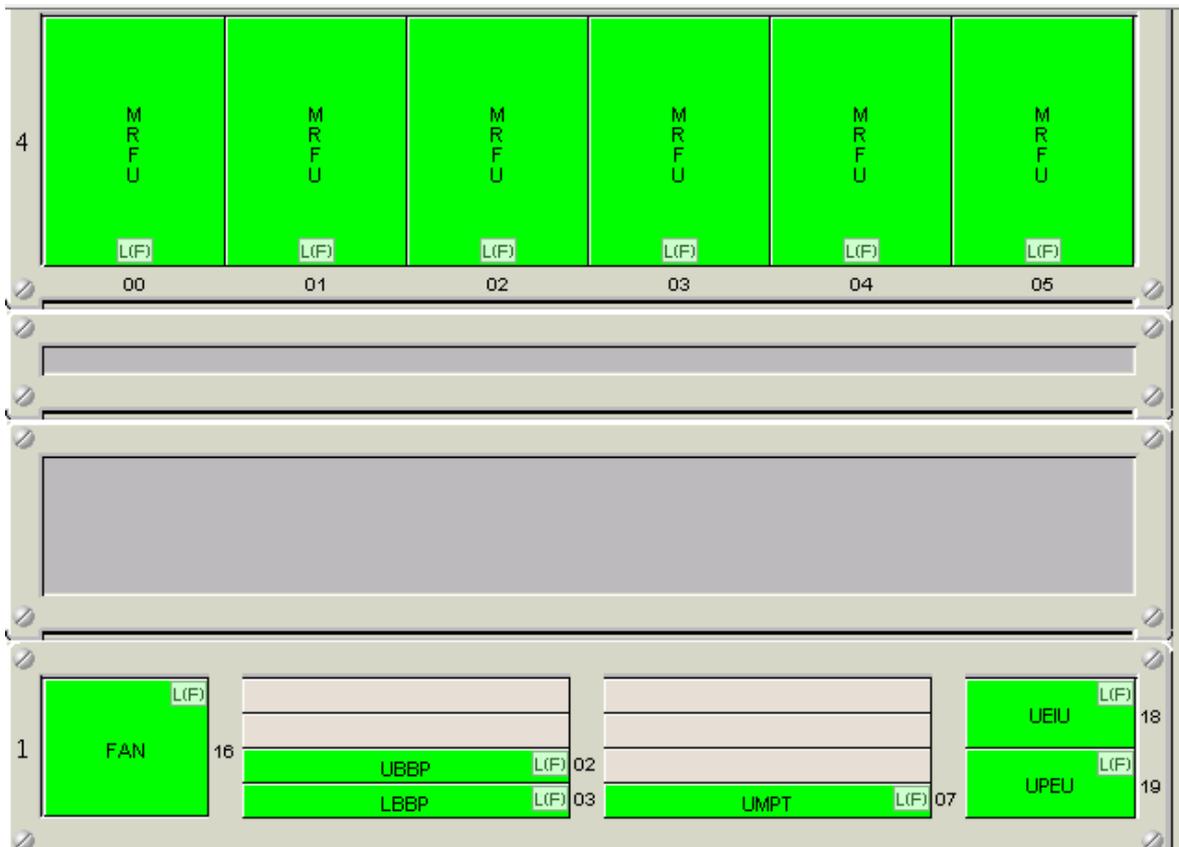


Figura 51: Ejemplo de un eNodeB sin alarmas Hardware.

Si el problema no está en el Hardware se revisará la capacidad de la licencia, U2000 permite comprobar rápidamente si la configuración actual excede algún parámetro de la licencia.

```
Configuration Data Check Result
-----
Check Result = The data configured is not out of range of the License.
(Number of results = 1)

--- EMD
```

**Figura 52: Comprobación de licencia**

Lo siguiente será comprobar que la potencia asignada a la RRU/RFU correspondiente no excede sus especificaciones técnicas. Para ello habrá que sumar la potencia de LTE más la de todos los TRX de DCS si hubiese. Si continua el error se revisará que no haya ningún TRX de DCS que solape en frecuencia con LTE ya que de ser así no levantaría ninguna de las dos tecnologías.

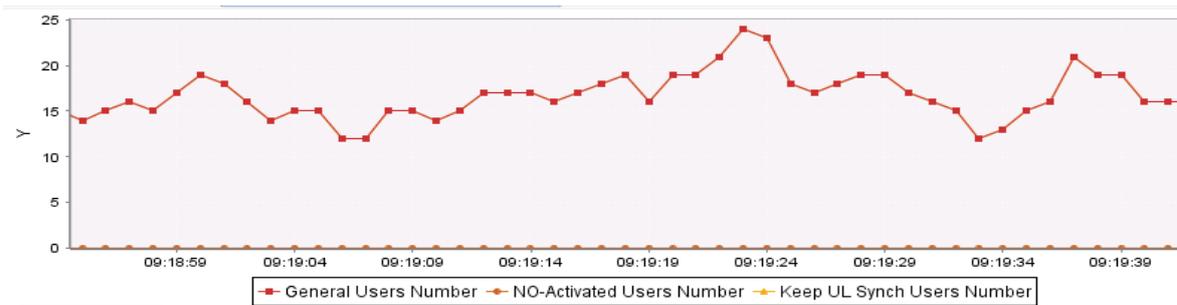
#### **4.5.3 El técnico no consigue conectarse a las nuevas celdas LTE**

Si el técnico en local no es capaz de conectarse a las nuevas celdas LTE lo primero es comprobar que estas estén activas, que salgan reflejadas como Normal en su estado.

```
Display dynamic parameters of cells
-----
Local Cell ID  Cell instance state  Reason for latest state change  |
6              Normal          Cell setup succeeded.           ;
7              Normal          Cell setup succeeded.           ;
8              Normal          Cell setup succeeded.           ;
```

**Figura 53: Comprobación de estado de celdas**

De estar activas se debe acotar el problema al eNodeB o al teléfono utilizado para realizar las pruebas. Es muy sencillo comprobar si el eNodeB tiene otros usuarios conectados a través de las aplicaciones de monitorización de U2000.



**Figura 54: Número de usuarios conectados a una celda LTE**

Además podemos comprobar el CSFB para asegurarnos que está redirigiendo llamadas a la red 3G. Si todo esto funciona acota el problema al teléfono de pruebas.

De residir el problema en el eNodeB lo más sencillo es realizar una recarga de todas las vecindades y volver a comprobar. De persistir el problema se apagarán las celdas y se informará del caso ya que probablemente se deba a algún problema en el core de la red.

#### **4.5.4 Las RFU/RRU de 1800MHz caen continuamente al activar las celdas de LTE**

Este problema se debe la mayor parte de las veces a que la UCIU no está bien configurada o a un defecto de la fibra que conecta esta con la UMPT de LTE. Al no estar funcionando la UCIU tanto DCS como LTE intentan acceder al sistema RF sin sincronizarse mutuamente lo que provoca la caída del equipo.

Si este no es el problema habrá que comprobar que la potencia del emplazamiento sea suficiente para alimentar todos los equipos de los que disponga.



# 5 Conclusiones y trabajo futuro

---

## 5.1 Conclusiones

En este proyecto nos hemos hecho cargo del despliegue de la red LTE para un operador bajo una serie de condiciones. Estas condiciones derivaban en unos objetivos a cumplir en la realización del proyecto.

Estudiando los diferentes escenarios de los que dispone el operador hemos visto que se pueden agrupar en cuatro tipos principalmente dependiendo principalmente de si se usaban equipos de interior o de exterior y el tipo de sistema RF utilizado. A la hora de ver la forma de integrar LTE rápidamente se llega a la conclusión de pese a ser escenarios distintos la integración se realiza de una manera muy similar en todos gracias a la versatilidad de los equipos que se encuentran instalados. Los cambios y añadidos en la BBU son básicamente los mismos en todos los casos.

La diferencia principal se encuentra en el sistema RF ya que según sea macro o distribuido se procederá de manera completamente distinta. La integración es algo más complicada en los emplazamientos macro debido a que LTE radia en modo 2T2R mientras que las RFU que se encuentran desplegadas son 1T2R, pese a esto hemos visto una forma relativamente sencilla y que permite seguir utilizando el equipo instalado para solventar este problema.

Para minimizar costes hemos visto que en la mayor parte de los casos se puede hacer un uso compartido del sistema RF instalado para DCS.

Durante la integración se ha tratado de evitar afectar al servicio del operador, aunque como hemos visto hay situaciones que es necesario desconectar un sector por un tiempo prolongado incluso horas, como en el caso de las antenas. En esta situación la única solución que se ha propuesto es la de finalizar completamente un sector antes de comenzar con el siguiente. Esta forma de trabajar aumenta el tiempo total de la intervención pero minimiza el impacto en el servicio ya que al menos habrá siempre disponibles dos sectores de los tres.

Todas las operaciones que afectan al servicio son en realidad de adecuación del equipo actual para poder integrar los nuevos y en su mayor parte consisten en reubicación de equipos. Hemos visto por escenarios la forma más eficiente de realizar estas reubicaciones intentando afectar solo a una tecnología o bien en el peor de los casos el tener que cortar dos simultáneamente pudiendo hacerse secuencialmente.

Para detectar prematuramente fallos en la integración se ha propuesto comprobar una serie de KPIs tanto antes de activar, justo tras la activación y tras la activación transcurrida una hora.

Estos KPIs son fácilmente accesibles gracias a que el gestor los recoge e indexa de forma automática. Estas comprobaciones abarcan tanto las nuevas celdas desplegadas como las celdas existentes. En este punto es importante centrarse en las celdas de DCS ya que estas pasan a compartir banda con el LTE.

Las conclusiones en este aspecto son que la integración de LTE no afecta al servicio dado hasta el momento pese a utilizar los mismos equipos. Por tanto si se detectara alguna degradación sería necesario revisar tanto la configuración como la instalación en buscar de inconsistencias y defectos.

A lo largo del trabajo realizado en este proyecto he podido comprobar las comodidades que aportan los equipos modulares singleRAN y especial la BTS3900 de Huawei. Como hemos visto permite desplegar una nueva red utilizando recursos existentes sin perjudicar los servicios que ya se encuentran en funcionamiento. Para compartir estos recursos son necesarios unos pequeños cambios en comparación de lo que implicaría tener que desplegar la red utilizando equipos completamente independientes como ya paso en el despliegue de la red UTRAN.

## **5.2 Trabajo futuro**

A la finalización de este proyecto se estaba comenzando el despliegue de LTE sobre la banda de 800MHz, todo apunta a que este despliegue se realizará de forma rápida debido a la infraestructura de LTE1800 que ya se encuentra desplegada y que se puede utilizar.

Respecto a los equipos de telefonía móvil caminan a poder integrar en un solo equipo todas las tecnologías de acceso radio que hay hasta la fecha. Eso facilitaría la integración de nuevas tecnologías y la reconfiguración de emplazamientos incluso de forma remota en algunos casos.

# Referencias

---

- [1] Huidobro, José Manuel, “Comunicaciones móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE”, 2012
- [2] Web de 3GPP [En línea] <http://www.3gpp.org>
- [3] Antonio Luis Flores Galea, “Evolución de las redes de telefonía móvil”, 2009, Junta de Andalucía: Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.
- [4] Web de Ericsson [En línea] <http://www.ericsson.com>
- [5] “3900 Series Base Station Product Documentation”, 2014, Huawei Technologies.



## Glosario

---

DCS	Digital Cellular Service
EUTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
GSM	Global System for Mobile Communications
GTMU	GSM Transmission and Management Unit
LBBP	LTE BaseBand Processor
LTE	Long Term Evolution
RET	Remote Electrical Tilting
RFU	Radio Frequency Unit
RRU	Radio Remote Unit
UBBP	Universal BaseBand Processor
UBRI	Universal Baseband Radio Interface
UCIU	Universal Inter-Connection Infrastructure Unit
UEIU	Universal Environment Interface Unit
UMPT	Universal Main Processing and Transmission Unit
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPEU	Universal Power Environment Unit
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WBBP	WCDMA BaseBand Processor
WMPT	WCDMA Main Processing and Transmission Unit

# PRESUPUESTO

## 1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 2.000 €
- Material de oficina ..... 150 €
- Teléfono móvil(Tarifa incluida)..... 120 €
- Total de ejecución material ..... 2.270 €

## 2) Gastos generales

- 16 % sobre Ejecución Material ..... 363€

## 3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material ..... 136 €

## 4) Honorarios Proyecto

- 480 horas a 15 € / hora..... 7.200 €

## 5) Material fungible

- Gastos de impresión..... 60 €
- Encuadernación..... 20 €

## 6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto..... 10.049 €

## 7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto ..... 2.110.29 €

## 8) Total presupuesto

- Total Presupuesto..... 12.159,29 €

Madrid, Julio de 2016

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Alberto Sáez Carrasco  
Ingeniero de Telecomunicación

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de una Integración de LTE en una BTS3900 existente. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

### **Condiciones generales**

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.

3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.

4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.

16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.

17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.

19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.

20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma,

por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.

23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

### **Condiciones particulares**

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.

2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.

3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.

4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.

5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.

6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.

7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.

10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.