



## **EVIDENCIA DE LA EFICIENCIA ESPECTRAL ENTRE UMTS Y LTE**

**Miriam Ballesteros García**

**Tutor: José Francisco Monserrat del Río**  
**Cotutor: Carlos Sanchis Llopis**

Trabajo Fin de Máster presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Máster en Ingeniería Telecomunicación

Curso 2018-19

Valencia, 3 de Septiembre de 2019



## Resumen

El presente trabajo de fin de máster consiste en la realización de un estudio sobre la eficiencia espectral entre UMTS y LTE, para así diseñar y optimizar la banda de LTE2100 en tres zonas distintas de España: Valencia, Castellón y Alicante. Con esto se pretende mejorar el *throughput* y la capacidad de la red, ya que el número elevado de usuarios provoca que las redes se colapsen temporalmente y que el funcionamiento del servicio no sea totalmente óptimo. La idea es reutilizar la portadora de 2100 MHz del 3G eliminando dos portadoras (segunda y tercera), para así añadir el LTE, así como la tarjetería hardware posible para que el diseño esté dentro de los márgenes económicos que se establece en la empresa. Además, se llevarán a cabo estudios de proyectos radioeléctricos para demostrar el cumplimiento tanto del Real Decreto como de la legislación establecida por los ayuntamientos, a través de medidas de volúmenes de exclusión de los cuales se muestra un ejemplo real.

Para finalizar el proyecto, se desarrolla un estudio previo de KPIs a la nueva integración de LTE2100, para así comprobar el funcionamiento de las distintas tecnologías implementadas en las zonas. Con dicho análisis se comprueban los inconvenientes que proporciona el servicio ofrecido al usuario en las diferentes tecnologías, además de visionar los parámetros que se van a mejorar desplegando la banda de 2100MHz en 4G. Con todo esto, y tras realizar la implementación de la nueva banda 4G, se va a analizar el servicio proporcionado para observar la notable mejora de la eficiencia espectral, el *throughput* y la capacidad de la red. De esta manera quedará demostrado que el trabajo realizado se ha llevado a cabo correctamente.



## Resum

El present treball consisteix en la realització d'un estudi sobre l'eficiència espectral entre UMTS i LTE, per dissenyar i optimitzar la banda de LTE2100 a tres zones d'Espanya: València, Castelló i Alacant. Amb això es pretén millorar el throughput i la capacitat de la xarxa, ja que el nombre elevat d'usuaris provoca que les xarxes es col·lapsen temporalment i que el funcionament del servei no siga totalment òptim. La idea es reutilitzar la portadora de 2100 MHz del 3G eliminant dos portadores (segona i tercera) i afegir el LTE, així com les targetes hardware possibles perquè el disseny estiga dins dels marges econòmics establerts per l'empresa. A més a més, es duran a terme estudis de projectes radioelèctrics per demostrar el compliment del Reial Decret i de la legislació establerta pels ajuntaments, a través de mesures de volums d'exclusió dels quals hi ha un exemple real.

Per a finalitzar el projecte, es desenvolupa un estudi de KPIs previ a la nova integració de LTE2100, per a comprovar el funcionament de les diferents tecnologies implementades en les zones. Amb aquest estudi es comproven els inconvenients que proporciona el servei ofert a l'usuari en les diferents tecnologies, a més de visionar els paràmetres que es milloraran desplegant la banda de 2100MHz en 4G. Amb tot això i després de realitzar la implementació de la nova banda 4G, s'analitza el servei proporcionat per observar la notable millora de l'eficiència espectral, del throughput i de la capacitat de la xarxa. D'aquesta manera, es demostrarà que el treball s'ha realitzat correctament.



## Abstract

This master thesis aims at carrying out a study about the spectral efficiency between UMTS and LTE in order to design and optimise the LTE2100 band in three different zones in Spain: Valencia, Castellón and Alicante. The goal is to improve the throughput and the network capability, considering that the high number of users makes nets collapse temporally and service performance is not fully efficient. The idea is to reuse both the 2100 MHz from the 3G frequency band and to eliminate the second and the third ones so that LTE can be added, and the recoverable hardware, so that the design is within the economic margins established by the company. Besides, this master thesis studies into radio projects with exclusion volumes measures, from which there is a real example, will be carried out to show that the Royal Decree and the legislation established by local governments are accomplished.

At the end of this work, we will develop a KPIs analysis before integrating the new LTE2100 band in order to see whether the different technologies implemented in the zones mentioned before work appropriately. This analysis will also tell us the disadvantages of this service and the parameters that will be improved by deploying the 2100 MHz in the 4G band. After implementing the new 4G band, we will analyse the service provided in order to see the improvement of the spectral efficiency, the throughput and the network capability. All this will ensure that our study has been successfully carried out.



## Índice

Glosario.....	2
Siglas utilizadas en el proyecto .....	2
Capítulo 1. Introducción.....	3
Capítulo 2. Reglas de diseño .....	6
2.1 Económico.....	6
2.1.1 Estudio de mercado .....	7
2.2 Cumplimiento del Real Decreto .....	14
2.3 Comparación de la eficiencia espectral entre UMTS y LTE.....	18
2.4 Reglas de ingeniería .....	18
2.4.1 Definición de celdas .....	19
2.4.2 Parametrización.....	23
2.5 KPIs.....	29
Capítulo 3. Metodología de trabajo.....	30
3.1 Gestión del proyecto.....	30
3.2 Distribución en tareas.....	30
3.3 Herramientas de trabajo .....	31
3.3.1 Vismon .....	31
3.3.2 Remedy .....	31
3.3.3 M2000 .....	32
3.3.4 MYCOM .....	33
3.3.5 Configuración de Red.....	33
Capítulo 4. Desarrollo y resultados .....	34
4.1 Adaptación económica de la red .....	34
4.2 Proyecto Radioeléctrico .....	35
4.3 Cálculo y diseño de parámetros radio .....	42
4.4 Definición de celdas LTE2100.....	42
4.5 Parametrización y adecuaciones LTE2100 .....	43
4.6 Revisión y corrección de logs de carga.....	46
4.7 Análisis y reporte de KPIs.....	46
4.7.1 Reporte anterior a la nueva ampliación LTE.....	46
4.7.2 Reporte tras la nueva integración.....	49
Capítulo 5. Conclusión y futuras innovaciones tecnológicas.....	56
Capítulo 6. Bibliografía.....	57
Capítulo 7. Anexos.....	58



## Glosario

### Siglas utilizadas en el proyecto

- ANOC: Atlantic Network Operations Center
- ANR: Automatic Neighbor Relation
- BBU: Baseband Unit
- BTS: Base Transceiver Station (Estación base 2G)
- CdR: Configuración de Red
- CN: Core Network
- CSSR: Call Setup Success Rate
- eNodeB: Evolved NodeB (Estación base 4G)
- eRAB: Eutran Radio Access Bearer
- EARFCN: EUTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number
- FDD: Frequency Division Duplex
- GPRS: General Packet Radio System
- GSM: Global System for Mobile Communications
- IoT: Internet of Things
- LBBP: LTE BaseBand Processing Unit
- LMPT: LTE Main Processes and Transmisión Unit
- LTE: Long Term Evolution
- MSC: Mobile Switching Center
- NodeB: Estación base 3G
- OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
- PCI: Physical Cell ID
- RNC: Radio Network Controller
- RRC: Radio Resource Control
- RRU: Remote Radio Unit
- RSI: Root Sequency Number
- SGSN: Serving GPRS Support Node
- SRVCC: Single Radio Voice Call Continuity
- TAC: Tracking Area Code
- UBBP: Universal BaseBand Processing Unit
- UE: User Equipment
- UMPT: Universal Main Processes and Transmission Unit
- UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
- UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
- VoLTE: Voice over LTE
- WBBP: WCDMA Baseband Processing Unit
- WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
- WMPT: WCDMA Main Processes and Transmission Unit
- TDD: Time Division Duplex



## Capítulo 1. Introducción

Este proyecto final de máster se va a basar en un proyecto realizado en Arca, una empresa dedicada al cien por cien al mundo de las telecomunicaciones, ya que se ocupa entre muchas cosas, a proporcionar servicio de telefonía móvil a empresas como son Vodafone, Orange, Telefónica, MásMovil... Arca es una empresa colaboradora que cuenta con distintos departamentos para así desarrollar de principio a fin el proceso de desarrollo de redes de telefonía móvil. Dicho proyecto se va a desarrollar desde el departamento de Ingeniería de Red (IdR).

El principal objetivo de este trabajo es la mejora de la capacidad de la red de comunicaciones móviles de una zona concreta de la Península, para aumentar el volumen de tráfico por usuario y por tecnología, el throughput de descarga tanto FTP como HTTP y para evitar caídas y bloqueos por colapso de la red al tener exceso de usuarios conectados a la misma.

Gracias al estudio realizado por la operadora cliente de nuestra empresa, mediante el cual se puede visualizar que los clientes no se encuentran totalmente agradecidos con el servicio que se les proporciona, es posible llevar a cabo el desarrollo de este proyecto. Los usuarios tienen quejas sobre cortes en las llamadas telefónicas desde sus terminales móviles, sobre la gran latencia existente al acceder a internet y los bloqueos al intentar efectuar llamadas de voz. Estos inconvenientes se pueden evitar si se logra que la red de comunicaciones móviles se adapte, cumpliendo los requisitos necesarios que garanticen la capacidad indispensable de la red en situaciones cruciales.

Las tecnologías en las redes de comunicaciones móviles han evolucionado exponencialmente gracias a la gran demanda continua sufrida por parte de los usuarios y a los continuos avances de estas. Los clientes quieren una mejor experiencia en los servicios que tienen contratados, y por ello, la industria busca nuevas soluciones para poder satisfacer sus necesidades. En los comienzos, las redes de comunicaciones móviles estaban diseñadas para proporcionar solamente servicio de voz con canales de transmisión analógicos. En la década de los noventa, surgió la segunda generación de comunicaciones móviles 2G (GSM). Con la aparición de la tecnología digital, y la necesidad de aumentar los canales de voz, se consiguieron nuevas aplicaciones como son los mensajes de texto y las comunicaciones de datos primero mediante conmutación de circuitos, y más tarde por conmutación de paquetes a través de GPRS y EDGE. El throughput de downlink para transferir datos no satisfacía las necesidades de los clientes, y por esto, se extendió la tercera generación UMTS. Con ello se aprobó la licencia de la banda de 2100 MHz ya que los operadores cada vez eran más para proporcionar servicio. El estándar UMTS proporciona mayores velocidades de datos y mayor aprovechamiento espectral, gracias a la utilización de técnicas como WCDMA para acceso múltiple y modulaciones en QPSK, y también gracias a la aplicación de técnicas MIMO y la agregación de portadoras. En lo referido a la arquitectura de red, la estructura del UMTS es prácticamente similar a la de GSM con la evolución a la conmutación de paquetes. La demanda seguía aumentando y la necesidad de que los usuarios pudiesen utilizar servicios más exigentes llevó a la evolución de la cuarta generación LTE. El despliegue LTE solamente soportaba conexiones de datos, produciéndose una conmutación a cobertura 3G en el caso de que se quisiese realizar una llamada de voz. En este momento se suprimieron las conexiones para la conmutación de circuitos, produciendo esto una gran simplificación del núcleo de la red, ya que la controladora de red se suprimió de la arquitectura de red para este estándar. Al ser todas las conexiones IP por conmutación de paquetes, dicho sistema no soportaba llamadas de voz, hasta que se gestionó el VoLTE (Voice over LTE). Con este tipo de conexión, se consigue una tasa de bits asegurada, con la que se pueden establecer llamadas de voz con una gran calidad y disminución de la latencia. Actualmente, la gran transmisión de datos que se produce de cualquier tipo de teléfono móvil ha producido el desarrollo de la red de quinta generación 5G. El gran aumento de la capacidad de la red para soportar millones de dispositivos conectados entre sí produce el desarrollo de un nuevo estándar en el que todos los dispositivos puedan ocupar el mismo espacio en la red y al mismo tiempo.

Con lo mencionado anteriormente, se puede explicar la finalidad del trabajo basado en la realización del diseño radioeléctrico de diferentes nodos, para llevar a cabo una ampliación de la banda LTE2100 en España en zona Levante abarcando Castellón, Valencia y Alicante. Dicha ampliación se implementa eliminando dos portadoras de la banda de 2100 MHz del 3G, obteniendo así 10 MHz de ancho de banda para poder integrar el LTE2100.

El mayor inconveniente existente a la hora de llevar a cabo el nuevo despliegue es el coste económico que conlleva la actualización de la red mediante el cambio y reúso de la tarjetería necesaria para así, poder usar múltiples tecnologías en una misma estación base (BTS). Por lo tanto, lo primero que se va a realizar es un estudio hardware para poder minimizar al máximo el coste económico de la ampliación LTE. Primero de todo se efectúa un repaso de las distintas tecnologías hardware existentes hoy en día por parte de Huawei. De esta manera se va a mostrar la evolución que ofrecen las tecnologías tanto en capacidad como en ancho de banda, a la hora de transmitir y recibir datos espectralmente.

Tras analizar los diferentes equipos de los que van a estar compuestas las diferentes instalaciones, y reutilizar y reemplazar la tarjetería necesaria, se va a desarrollar un estudio radioeléctrico para comprobar que se cumplen las normas impartidas en el Real Decreto tras la nueva integración de la nueva portadora LTE. Estas normas afectan a medida como, por ejemplo, los volúmenes de exclusión, los cuales afectan a potencias, tilt de las antenas, coeficientes de reflexión, PSC y PCI, campo electromagnético... Con todo esto se va a aprovechar para introducir las herramientas de trabajo que se van a utilizar para realizar el diseño radioeléctrico de la nueva ampliación como son VISION, M2000, Remedy, Mycom...

Más tarde se va a estudiar la eficiencia espectral entre el UMTS y LTE. De esta manera se va a llegar a la conclusión exacta para poder integrar la banda de 2100 MHz que ya está siendo utilizada en 3G, de manera que el servicio al usuario no se vea degradado sino optimizado, mejorando así tanto el throughput de la red como el volumen de tráfico soportado sin caídas de servicio.

El problema que se va a resolver mediante dicho proyecto es el colapso de algunas ciudades de la zona Levante debido al alto tráfico existente provocado por el gran número de usuarios conectados a la red de telefonía móvil tanto a nivel de voz como de datos. La congestión de la red provoca que el throughput disminuya de manera considerable, consiguiendo que el servicio sea más lento y se produzcan caídas de red y provocando así que el cliente se muestre descontento con él.

La solución que se proporciona a dicho problema es la eliminación tanto de la segunda como de la tercera portadora de la banda de frecuencias de 2100 MHz en 3G para así usar este ancho de banda en 4G. Esta modificación va a repercutir en el ahorro económico y la mejora del throughput y la capacidad de la red.

En resumen, para llevar a cabo este trabajo las tareas a realizar se distribuyen de la siguiente manera:

- **Estudiar la tarjetería hardware** existente para así poder reemplazar y reusar las tarjetas mínimas necesarias para adecuar la red económicamente.
- **Cumplir con las leyes establecidas en el Real Decreto** mediante un proyecto radioeléctrico.
- **Realizar el diseño radioeléctrico del sistema de comunicaciones móviles** para definir las nuevas celdas a integrar de LTE2100 y parametrizarlas y adecuarlas al diseño de red existente hasta el momento.
- **Analizar el espectro radioeléctrico** para poder adaptar la red de manera que se cumplan las peticiones de los usuarios y se cumplan los objetivos establecidos (mejora del throughput en la zona afectada y aumento del volumen del tráfico).





Así pues, el proyecto se va a desarrollar en cuatro partes muy importantes:

- **Reglas de diseño:**

1. Teoría sobre la arquitectura de red y la tarjetería hardware donde se explican de manera teórica el funcionamiento básico de una red de comunicaciones móviles y que tarjetería hardware existe hoy en día en Huawei para realizar los cambios necesarios cumpliendo con los requisitos económicos de la empresa.
2. El cumplimiento del Real Decreto tras la integración de una nueva frecuencia LTE. Cuáles son las normas que se deben cumplir y para qué.
3. Una comparación espectral entre UMTS y LTE para conocer las principales aportaciones que puede proporcionarnos este nuevo proyecto de manera espectral a la red.
4. Reglas de Ingeniería en las cuales se desarrollan los requisitos necesarios a cumplir para llevar a cabo el diseño radioeléctrico de manera correcta.

- **Metodología de trabajo:**

1. Gestión del proyecto y distribución en tareas para comprender de que manera se ha organizado el trabajo entre los distintos departamentos de la empresa, y de que manera se han estructurado las tareas a realizar para que el proyecto se realice con éxito.
2. Herramientas de trabajo que se han utilizado para realizar el diseño radioeléctrico desde el desarrollo de parámetros radio hasta el fin de su implementación.

- **Desarrollo y resultados:**

1. Adaptación económica de la red según la tarjetería reutilizada y sustituida a raíz del estudio hardware realizado previamente.
2. Proyecto radioeléctrico con los diseños oportunos para cumplir con las leyes establecidas en el Real Decreto y calcular los nuevos volúmenes de exclusión de emisiones tras la nueva portadora LTE.
3. Cálculo y diseño de parámetros radio para llevar a cabo el diseño radioeléctrico tras la nueva portadora LTE y la eliminación de las dos portadoras de UMTS.
4. Análisis y reporte de KPIs en los que se muestra la evolución que ha sufrido el servicio proporcionado en los nodos en los que se ha implementado el proyecto. Se muestra el comportamiento previo a la nueva integración y una vez llevada a cabo.

- **Conclusión y futuras innovaciones tecnológicas:**

1. En el último apartado de la tesina se muestra una conclusión del proyecto finalizado, por el cual se ha conseguido aportar una serie de plantillas a la empresa Arca para realizar el diseño radioeléctrico de cualquier tipo de tecnología. Además, se muestran las aportaciones a nivel personal que el proyecto me ha proporcionado, las cuales son muy importantes para poder avanzar y desarrollarme como ingeniera.

## Capítulo 2. Reglas de diseño

### 2.1 Económico

Una de las partes más importantes a la hora de desarrollar un proyecto de telecomunicaciones como es éste, es cumplir con el presupuesto económico del que predispone la empresa que lo va a implementar. En este caso el gasto económico se ve reflejado sobre todo en la tarjetería hardware que se tiene que reemplazar para la nueva integración 4G en cada uno de los emplazamientos en los que se despliega la nueva tecnología que va a proporcionar servicio a los clientes. Para poder entender a la perfección cada una de las partes que constituyen las distintas instalaciones, se va a repasar de manera teórica la gran evolución que han tenido las tecnologías y la repercusión de ellas a los operadores. Además, el mayor inconveniente que se va a resolver en dicho proyecto es este tema, el económico. Cualquier proyecto se debe desarrollar con el mínimo coste económico posible y siempre cumpliendo con las condiciones, como no degradar la red existente e intentar que el impacto sobre ella sea mínimo.

A continuación, se explica brevemente la función de cada uno de los elementos que constituyen la arquitectura de red para ofrecer servicio de telefonía móvil. Dicha explicación se va a centrar tanto en 3G como 4G, pudiendo observar las diferentes partes que constituyen estas tecnologías.

La red de telefonía móvil requiere ciertos elementos y conexiones para hacer posible la comunicación entre los distintos equipos de usuario. Para establecer dicha comunicación entre terminales es necesario que estos se interconecten desde y hacia las estaciones de telefonía fija. Por ello es importante saber cuáles son los elementos que conforman la red, además de conocer cuáles son las funciones de cada uno de ellos.

La arquitectura de red UMTS (3G) está compuesta por un equipo de usuario el cual quiere establecer una llamada telefónica con otro usuario o realizar descarga de datos, una estación base (NodeB) encargada de recibir y transmitir señales 3G además de operar con las diferentes celdas del emplazamiento en el que se encuentre. La RNC siendo la controladora de los diferentes nodos que se encuentren conectados a ella y cumpliendo la misión de diferenciar las conexiones según estén orientadas a voz o datos para así gestionar los recursos radio y la movilidad entre celdas de distintos sites. El core o núcleo de redes de telecomunicaciones (CN) que provee varios servicios a usuarios que se conectan a través de la red de acceso y que se encuentra conectado a la RNC mediante los interfaces correspondientes. Es la encargada del enrutamiento del tráfico móvil tanto de voz como de datos. Según el tipo de tecnología que se esté usando las funcionalidades del core varían.

En la siguiente figura (Figura 1) se puede observar la arquitectura de red UMTS:

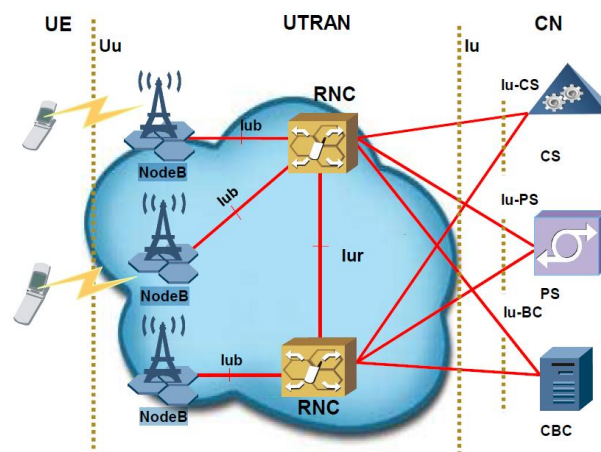


Figura 1. Arquitectura de red UMTS [2].

Para comenzar se explica brevemente en que consiste una estación base (BTS) y cuál es su misión. Una estación base consiste en un conjunto de elementos hardware y baterías cuya ubicación es un pequeño armario llamado rack, además de las antenas, que se encuentran normalmente en lo alto de un edificio, una torre o mástil ya que estas zonas permiten evitar que la señal sea obstaculizada por orografía montañosa, edificios, árboles.... Las estaciones base se encargan de la transmisión y recepción de señales radio de baja potencia tanto hacia los terminales móviles como desde estos hacia las BTS. Muchas personas se cuestionan si la radiación electromagnética que transmiten las estaciones bases puede ser perjudicial para la salud humana. Esto no tiene repercusión a nivel perjudicial ya que las BTS, por muy cercanas que estén a la población, están diseñadas para emitir a la mínima potencia posible. De hecho, el impacto que tiene el caso de que haya muchas BTS juntas es positivo debido a que cuantas más estaciones base cercanas, menor potencia necesitan para transmitir las señales. Las antenas que componen las estaciones base apuntan a distintas orientaciones creando una red inalámbrica celular formada por celdas independientes para así no crear interferencias entre usuarios según la celda que ocupen. Cuando un usuario que se encuentra conectado a una BTS se mueve y cambia de celda, está provocando un Handover (HO), acción que permite cambiar de estación base sin apreciar cortes ni degradación en la llamada efectuada. El aumento del número de BTS influye según el aumento del número de usuarios que intervengan en una zona determinada. Cuantos más clientes reclamen el servicio, más estaciones base van a hacer falta para cubrir la demanda.

La evolución de las tecnologías ha conllevado a la evolución de los equipos instalados en las estaciones base para llevar a cabo el acceso radio en telefonía móvil. El desarrollo lo han implementado los fabricantes de equipos con el fin de ofrecer soluciones más económicas y sencillas manteniendo los estándares de calidad. Los equipos se dividen en dos grupos:

- Unidad banda base (BBU)
- Unidad de radiofrecuencia (RFU)

La unidad banda base se encarga de gestionar el tráfico de la estación base. Realiza el procesado en banda base del nodo dejando la parte de radiofrecuencia a la RRU.

La unidad de radiofrecuencia se encarga de transmitir y recibir las señales a través de las antenas de los emplazamientos.

Los primeros equipos que se instalaron en 2G (GSM) eran racks de grandes dimensiones separados individualmente para cada una de las tecnologías a una frecuencia determinada. Gracias a la evolución de los equipos. Esto provoca además de una mayor ocupación del espacio físico, un elevado consumo eléctrico. Por ello, se estudió la manera de simplificar el equipo hardware y así se consigue meter en un mismo rack todas las tecnologías con la tarjetería necesaria para llevar a cabo la implementación. Así surgen los equipos SingleRAN actuales, siendo equipos modulares que permiten el uso de diferentes tecnologías en función de las tarjetas insertadas en la BBU. Existen equipos que contienen tanto el GSM, UMTS como LTE.

## 2.1.1 *Estudio de mercado*

### 2.1.1.1 *BBU3900*

El proyecto se centra en la BTS3900 SingleRAN de Huawei, la cual contiene una BBU3900 de tipo modular. De esta manera se pueden implementar distintas tecnologías en la misma estación base. Las unidades de radiofrecuencia de la BTS3900 también son multimodo por lo que, dentro de una misma banda de frecuencia, puede operar para distintas tecnologías. Así pues, a la hora de ampliar el LTE en la banda de 2100MHz se va a prestar especial atención en la tarjetería interna que contiene la BBU, además de las nuevas RRU que se tengan que añadir para la nueva portadora LTE. En la figura 2 se ve una imagen de una BBU3900 2G+3G con los diferentes slots que la componen y la tarjetería hardware que ocupa cada uno de ellos.

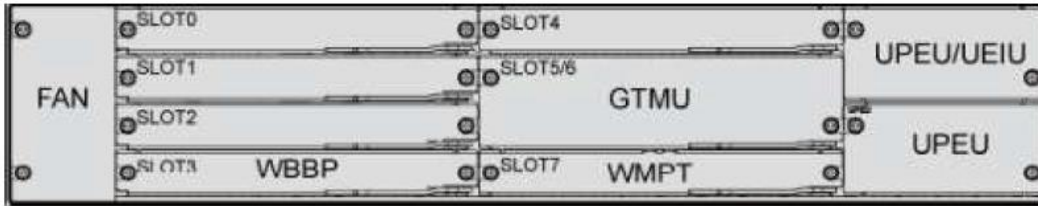


Figura 2. Esquema BBU3900 2G-3G.

Una BBU incluye las siguientes placas: placa de procesamiento principal, placa de procesamiento banda base, tarjeta de extensión de transmisión, módulo de ventilador, módulo de potencia, módulo de monitoreo, placa de reloj con una tarjeta satelital, una tarjeta de extensión de banda base y una tarjeta de interconexión de infraestructura.

Basándonos en las tarjetas basadas en la transmisión en los emplazamientos en los que se va a desarrollar la ampliación LTE encontramos UMPTs y WMPTs.

### 2.1.1.2 UMPT

Una UMPT es una unidad de procesamiento y transmisión universal que se puede instalar en una BBU3900, por lo que para las integraciones que se van a llevar a cabo, se va a hacer uso de UMPTs tipo a y b para cubrir las necesidades de las celdas de cada uno de los nodos.

En la figura 3 se observa el panel de una UMPT tipo a:

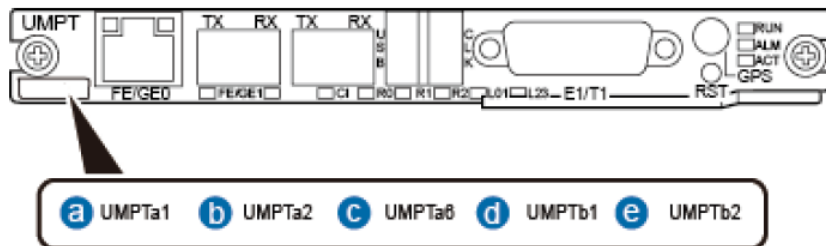


Figura 3. Panel UMPT tipo a.

Para comprobar si se tienen que cambiar las UMPT de las BBU de los emplazamientos, se tienen que consultar las especificaciones de los puertos de transmisión UMPT.

Una UMPT realiza las siguientes funciones: administrar configuraciones y dispositivos, monitorizar el desempeño y procesar la señalización de una estación base (BSC, RNC). También procesa la señalización y gestiona los recursos de la BBU. La UMPT tiene un puerto USB, puertos de transmisión y un puerto de mantenimiento utilizados para actualización software automática, transmitir señales y para el mantenimiento.

Si una UMPTa1, UMPTa2, UMPTb1 o UMPTb2 trabaja en modo UMTS, las especificaciones de señalización de ellas dependen de la placa de procesamiento banda base configurada.

### 2.1.1.3 WMPT

A parte de las UMPT también existen las tarjetas WMPT, las cuales realizan las mismas funciones que las nombradas anteriormente, pero con la condición de que solamente se pueden usar para UMTS y no para LTE. Si se necesitan usar las tarjetas para ambas tecnologías se deben utilizar UMPT. A continuación, se va a mostrar en la siguiente tabla las especificaciones de los puertos de transmisión de una WMPT:

Tarjetas	Tecnología aplicable	Cantidad de puertos	Capacidad de los puertos	Full / Half - Duplex
WMPT	UMTS	1	4 canales	Full-duplex
		1	10 Mbps / 100 Mbps	Full-duplex
		1	10 Mbps / 100 Mbps	Full-duplex

Tabla 1. Especificaciones de los puertos de transmisión de una WMPT.

### 2.1.1.4 LMPT

En cuanto a las tarjetas de transmisión 4G, cabe destacar que existen las LMPT que son una unidad de procesamiento y transmisión de LTE cuyas funciones son las mismas que para las tarjetas anteriormente explicadas. En la figura 4 se puede ver el panel exterior que presenta:

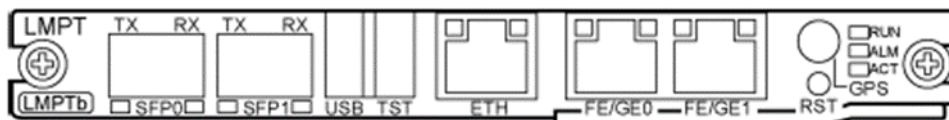


Figura 4. Panel exterior de una LMPT.

Como se puede ver en la figura es muy parecida a la UMPT y WMPT, aunque dichas tarjetas solamente pueden utilizarse en LTE, no son aptas para GSM ni UMTS. No se va a entrar más en detalle debido a que en este proyecto no se han utilizado las LMPT.

### 2.1.1.5 WBBP

En cuanto a las tarjetas encargadas del procesamiento banda base que forman la BBU del NodeB, en conjunto con las tarjetas UMPT/WMPT, se encuentra primeramente la WBBP. Dichas tarjetas procesan las señales radio de subida (Uplink) y bajada (Downlink) WCDMA en banda base, por lo tanto, solamente pueden utilizarse para procesamiento 3G. Existen 4 tipos diferentes de tarjetas WBBP, cada una de ellas con un número distinto de puertos CPRI en los que se van a conectar los elementos de radiofrecuencia (RRU). Así pues, para la integración LTE2100 que se va a llevar a cabo, se tiene en cuenta el número de celdas que va a necesitar integrar la nueva portadora LTE para ver si con las tarjetas banda base integradas en la BBU se tienen suficientes CPRI disponibles

para conectar las nuevas RRU o se tienen que reemplazar por unas de mayor capacidad. En este proyecto se ha llegado a encontrar el caso de tener un total de 5 WBBP en una misma BBU. Así pues, conectando varias WBBP en la misma BBU se consigue aumentar tanto la capacidad del tráfico de la estación base, como la capacidad de CPRIs para conectar más RRUs. En la tabla 2 se observa la capacidad a nivel de celdas que tiene cada tipo de WBBP para así luego reemplazar las tarjetas de los emplazamientos necesarios:

TARJETAS	Número de celdas
WBBPa	3
WBBPb1-2	3
WBBPb3-4	6
WBBPd1-3	6
WBBPf1-2	6
WBBPf3-4	6

Tabla 2. Especificaciones a nivel de capacidad de los diferentes tipos de WBBP.

### 2.1.1.6 UBBP

Al igual que pasa con las tarjetas de transmisión WMPT y UMPT, las tarjetas de procesamiento banda base WBBP evolucionan en las UBBP, siendo estas tarjetas de procesamiento banda base universales, así pues, valen para cualquier tipo de tecnología.

Tienen las mismas funciones que las WCDMA. En la siguiente figura se observa el panel exterior de una UBBP:

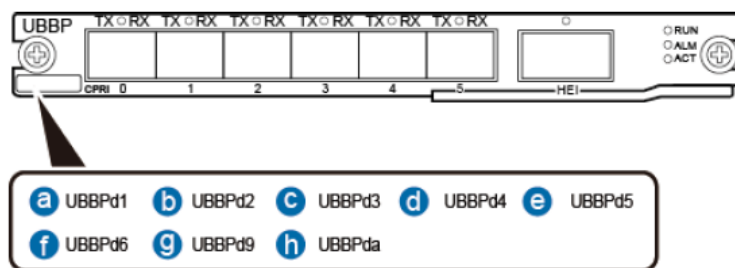


Figura 5. Panel exterior de una UBBP.

En las instalaciones de los emplazamientos que abarca este proyecto se comprueba que se tienen 2 BBU, una para 2G, 3G las cuales comparten las tarjetas de procesamiento banda base y cada tecnología tiene sus tarjetas de transmisión (GMPT, WMPT/UMPT). Por esto se estudian las especificaciones de las UBBP para cada una de las tecnologías.

Las especificaciones de las UBBP que trabajan en el modo GSM son las siguientes (Tabla 3):

<b>Tipos</b>	<b>Número de portadoras</b>
UBBPd1-4	24
UBBPd5	36
UBBPd6	48

**Tabla 3. Especificaciones a nivel de capacidad de los diferentes tipos de UBBP (GSM).**

Con el número de portadoras que soporta cada tarjeta nos referimos a la capacidad de TRX teniendo en cuenta que la mayoría de los nodos tienen dos portadoras para cada celda.

Cuando las tarjetas trabajan en modo UMTS las especificaciones son distintas ya que, en vez de depender del número de portadoras que soporta cada tipo de UBBP, hay que fijarse en la capacidad a nivel de celdas (Tabla 4):

<b>Tipos</b>	<b>Número de portadoras</b>
UBBd1-5	6
UBBPd6	12
UBBPe1-2	6
UBBe3-6	12

**Tabla 4. Especificaciones a nivel de capacidad de los diferentes tipos de UBBP (UMTS).**

En cuanto al uso de dicha tarjetería para BBUs que trabajan en modo LTE FDD, las especificaciones compatibles con las tarjetas se enumeran por capacidad a nivel de celda, por el número máximo de equipos de usuario conectados en modo RRC (Control de Recursos Radio), y por el máximo rendimiento en el enlace ascendente y descendente (Tabla 5).

Tipos	Número de celdas	Configuración de la antena
UBBPd4 o inferiores	3	3x20 MHz 1T1R 3x20 MHz 1T2R 3x20 MHz 2T2R
UBBPd5-6 o UBBPda	6	6x20 MHz 1T1R 6x20 MHz 1T2R 6x20 MHz 2T2R 6x20 MHz 2T4R 6x20 MHz 4T4R
UBBPe1	3	3x20 MHz 1T1R 3x20 MHz 1T2R 3x20 MHz 2T2R
UBBPe2	3	3x20 MHz 1T1R 3x20 MHz 1T2R 3x20 MHz 2T2R 3x20 MHz 2T4R 3x20 MHz 4T4R
UBBPe3	6	6x20 MHz 1T1R 6x20 MHz 1T2R 6x20 MHz 2T2R
UBBPe4	6	6x20 MHz 1T1R 6x20 MHz 1T2R 6x20 MHz 2T2R 6x20 MHz 2T4R 6x20 MHz 4T4R
UBBPe5	9	9x20 MHz 1T1R 9x20 MHz 1T2R 9x20 MHz 2T2R 9x20 MHz 2T4R 9x20 MHz 4T4R

Tabla 5. Especificaciones a nivel de capacidad de los diferentes tipos de UBBP (LTE).



### 2.1.1.7 LBBP

En lo referido a las tarjetas de procesamiento banda base LBBP, hay que destacar que realizan las mismas funciones que el resto de las tarjetas de banda base, pero con la pequeña diferencia de que solamente pueden usarse para LTE y no para UMTS. Aun así, pueden reemplazarse por tarjetas universales UBBP ya que dichas tarjetas tienen más capacidad a nivel de celdas ya que pueden soportar más que las LBBP que, excepto las LBBPd3 que permiten la conexión de hasta 6 celdas a los puertos CPRI, el resto solamente aceptan 3 celdas por tarjeta. De esta manera si en un eNodeB se van a implementar más de tres celdas para el modo LTE, se pueden instalar más tarjetas LBBP o incluso sustituirlas por UBBP para proporcionar mayor capacidad. Cabe destacar que para llevar a cabo este proyecto no se usan LBBP por tema de legalizaciones, como las BBU se van a cambiar para que acepten 5G y dichas BBUs no permiten la instalación de LBBPs se va a ampliar la capacidad a nivel de celdas mediante UBBPs.

A continuación, se muestran las especificaciones de los diferentes tipos de LBBP cuando trabajan para la tecnología LTE FDD según su capacidad a nivel de celdas (Tabla 6):

Tipos	Número de portadoras	Configuración de antena
LBBPc o LBBPd1	3	3x20 MHz 1T1R 3x20 MHz 1T2R 3x20 MHz 2T2R
LBBPd2	3	3x20 MHz 1T1R 3x20 MHz 1T2R 3x20 MHz 2T2R 3x20 MHz 2T4R 3x20 MHz 4T4R
LBBPd3	6	6x20 MHz 1T1R 6x20 MHz 1T2R 6x20 MHz 2T2R

Tabla 6. Especificaciones a nivel de capacidad de los diferentes tipos de LBBP (LTE FDD).

En cuanto a las tarjetas LBBPd3, cuando un cable de fibra óptica del CPRI tiene una longitud de entre 20 y 40 kilómetros, dicha tarjeta admite la configuración máxima de 3x20 MHz 2T2R.

En el servicio que se proporciona desde los sites de la ampliación LTE se usa la configuración MIMO (Multiple Input – Multiple Output) de 2T2R, así pues, para desarrollar el reuso y cambio de la tarjetería banda base se presta especial atención a la capacidad a nivel de celda, ya que todos los tipos de UBBP permiten el uso de configuración de antena que se necesita. Con la configuración MIMO se mejora tanto las tasas de transmisión de datos, obteniendo un throughput más elevado, la capacidad a nivel de usuario, el alcance de la cobertura ofrecida por las antenas y la fiabilidad de la red, todo ello sin modificar el ancho de banda y sin aumentar la potencia transmitida por dichas antenas. Además, hay que destacar que, para llevar a cabo el cambio de una tarjeta de transmisión por otra, es necesario dar de alta el PKI para así solicitar la licencia para que el Anoc (Centro de operaciones de Red en Europa) se encargue de provisionarlo y así

poder realizar el cambio de tarjetería hardware en el emplazamiento. Para solicitar dicha solicitud es necesario indicar tanto el nombre del nodo, como el del site, e indicar el tipo de tarjeta se va a cambiar y su número de serie. De esta manera una vez solicitada la licencia, además de la aprobación por parte de la operadora móvil de la CRQ para llevar a cabo el trabajo a realizar, los técnicos pueden entrar al emplazamiento a realizar el trabajo necesario.

## 2.2 Cumplimiento del Real Decreto

El cumplimiento de las leyes que se aprueban en el Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, las restricciones de las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas, es una de las partes más importantes a la hora de llevar a cabo un proyecto como es este, una ampliación de una banda de LTE para proporcionar mayor capacidad al servicio proporcionado por dicha antena y así mejorar el throughput y la calidad de servicio en la zona de la costa de Levante. Para proceder con dicho cumplimiento, es necesario que el colegiado que trabaja en la empresa certifique a través del proyecto radioeléctrico que se cumplen todas las medidas necesarias para poder realizar este trabajo. Con dicho documento, el colegiado demuestra que la estación proyectada cuyas características se especifican en el proyecto radioeléctrico, cumple los límites de exposición establecidos en el anexo II del mencionado Reglamento de acuerdo con los cálculos técnicos efectuados al respecto.

Lo primero que se facilita en el certificado de conformidad son las características técnicas de las estaciones a estudiar. Dichos datos son facilitados por el operador y en ellos se indica el código de estación, el tipo de sistema a analizar, el tipo de estación, el operador, el código de emplazamiento, la localización en la que se encuentra, la cota del terreno sobre el nivel del mar y si el emplazamiento es compartido o no. Además, se muestran las características radioeléctricas como son el número de sectores que componen la estación, junto a la altura de las antenas que componen el emplazamiento referente a cada uno de los sectores, la frecuencia de transmisión, la polarización, el tipo de ganancia y el valor en dBs, el tipo de potencia radiada, el volumen de referencia, el coeficiente de reflexión, la potencia máxima total emitida, el azimut de máxima radiación, la apertura tanto horizontal como vertical del haz de la antena, la inclinación del haz y el nivel de los lóbulos secundarios. Para realizar el cálculo de los niveles de exposición radioeléctrica, se utiliza una sonda de banda ancha Wavecontrol SMP2 con un umbral de detección del 0.3 para así estudiar los niveles de exposición radioeléctrica mediante siete mediciones desde diferentes puntos de medida respecto al soporte de antenas. Siempre se establece un nivel de referencia alrededor de 40 V/m según el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia. Además, se indica el nivel de decisión en voltios por metro según se señala en el procedimiento para la realización de medidas de emisión de la Orden (alrededor de 20 V/m), el valor medido promediado, el valor calculado, la diferencia existente entre el nivel de decisión y el valor medido promediado o entre el nivel de decisión y el valor calculado y, por último, indicar si el punto en el que se realiza la medida con la sonda corresponde a un espacio sensible. Un espacio sensible se considera aquel en el que existe mayor presencia peatonal como puede ser un parque, un colegio, un centro de salud, una residencia de ancianos, etc. A continuación, se muestra una imagen del equipo de medida de campo electromagnético en zonas sensibles (Figura 6):



**Figura 6. Sonda de banda ancha Wavecontrol SMP2.**

Para poder detallar al máximo como se lleva a cabo el cumplimiento de las leyes establecidas por el R.D, se va a centrar el estudio del certificado en uno de los emplazamientos de Valencia en los que se ha llevado a cabo la ampliación de LTE en la banda de 2100 MHz. Como se ha indicado, se debe rellenar una tabla con los valores obtenidos en el cálculo de los niveles de exposición radioeléctrica. Además, se indica si el punto de medida en el que se toman los valores con la sonda pertenece a una zona sensible o no, indicando explícitamente el punto de medida, el tipo de espacio sensible, su situación y dirección.

En cuanto a los datos genéricos del emplazamiento, se muestra el código del emplazamiento, el operador y cada una de las tecnologías preexistentes, el plano de cartografía oficial de situación de la estación en los que se encuentran los planos de ubicación y emplazamiento del site, el entorno con un radio de 100 metros y las coordenadas y orientaciones de cada uno de los sectores que compongan el nodo en el que se realiza la ampliación de LTE.

En lo referido al volumen de referencia, lo primero de todo se realiza el cálculo de estos volúmenes para la obtención de las dimensiones de los paralelepípedos de referencia. Para ello se emplean las expresiones recomendadas por el COIT (Ecuación 1).

$$D_{max} = \sqrt{\frac{M \cdot PIRE}{4 \cdot \pi \cdot S_{max}}} \quad (1)$$

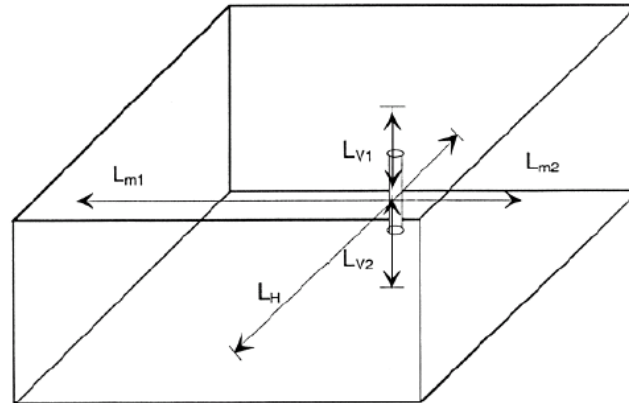


Figura 7. Dimensiones del paralelepípedo.

$$L_{m1} = D_{max} \quad (2)$$

$$L_{m2} = D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_A)} \cdot \cos(\theta_A) \quad (3)$$

$$L_H = 2 \cdot D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_H)} \cdot \text{sen}(\theta_H) \quad (4)$$

$$L_{v1} = D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_{V1})} \cdot \text{sen}(\theta_{V1}) \quad (5)$$

$$L_{v2} = D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_{V2})} \cdot \text{sen}(\theta_{V2}) \quad (6)$$

Siendo  $D_{max}$  la distancia de referencia y  $G$  la ganancia de potencia de la antena normalizada.

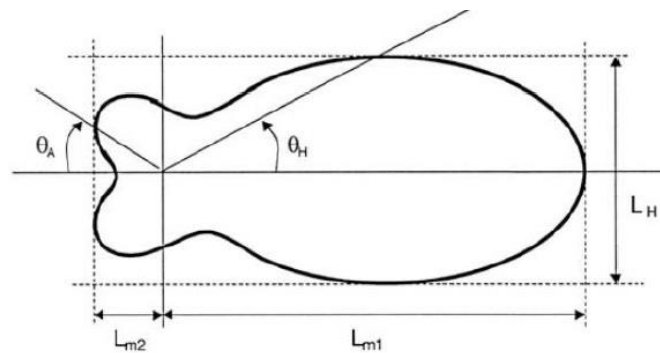


Figura 8. Corte del haz en el plano horizontal.

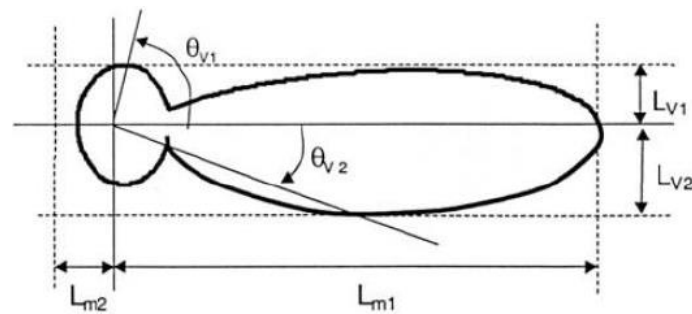


Figura 9. Corte del haz en el plano vertical.

A la hora de realizar el cálculo hay que tener en cuenta una serie de supuestos al aplicar la expresión indicada anteriormente, para así suponer el peor de los casos, es decir, la situación en la que se va a obtener un campo electromagnético mayor. Lo primero es suponer que la estación se considera dimensionada al cien por cien de sus recursos. También se considera que todas las portadoras que tiene implementadas el site emiten con Potencia Isotrópica Radiada Equivalente máxima. Para el cálculo de la PIRE máxima total de cada una de las tecnologías se multiplica la PIRE del BCCH por el número de portadoras existentes. Se considera que la estación se encuentra cargada al máximo de tráfico, no aplicándose factores de actividad para así tener en cuenta el tráfico medio cursado. Además, no se aplican factores de reducción de potencia para así considerar los mecanismos de control de potencia activos en la red de la operadora. Supuestamente la propagación se realiza en espacio libre, evitando incluir posibles atenuaciones producidas por difracción. Y, por último, se considera el plano de inspección a dos metros de altura para simular la altura de una persona y asegurar que la radiación no incide en cualquier humano que pueda situarse cerca de la estación.

Cuando se da el caso de la existencia de estaciones base las cuales presentan distintas tecnologías radiando en una misma zona, se concede también suponiendo el caso más desfavorable, un volumen compuesto. De esta manera se calculan las distancias de referencia para cada una de las tecnologías preexistentes y se suman de manera cuadrática. Además, se representa en cada antena transmisora el paralelepípedo que se calcula con anterioridad. Por último, si la altura ( $L_{v1}+L_{v2}$ ) del volumen de protección es menor que la altura física de la antena se incluye la altura física.

En segundo lugar, se calculan los niveles de exposición estimados a través de la siguiente expresión obtenida del informe publicado por el COIT "Informe sobre emisiones electromagnéticas de los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico (Ecuación 7):

$$S = \left[ \frac{M \cdot PIRE}{4 \cdot \pi \cdot D^2} \right] \quad (7)$$

Así, en función del posicionamiento del punto en el que se estudia el nivel de exposición máximo, se aplica el factor de corrección de potencia máxima, para así tener en cuenta la atenuación con respecto a la ganancia máxima por desviación fuera de haz vertical y horizontal del punto estudiado. Para realizar esto se toma la ganancia del nivel de lóbulos secundarios o la de front to back en función de la posición del punto con respecto al sector.

Una vez calculados los niveles de exposición estimados, se indican los factores que se han tenido en cuenta a la hora de calcular las dimensiones de los paralelepípedos de referencia. Dicho cálculo se realiza teniendo en cuenta las tecnologías existentes en el emplazamiento de la operadora en la que se desarrolla el proyecto, el valor del factor de reflexión (M) utilizando en este caso el valor

de uno ya que se trata de un entorno outdoor sin obstáculos en la zona más próxima a las antenas, por lo que se puede considerar la incidencia del rayo directo sin ningún tipo de reflexión y la PIRE máxima emitida.

La estación radioeléctrica se debe señalar de acuerdo con el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas, aprobado mediante el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.[7]

Para terminar, se realiza la justificación de las técnicas de minimización empleadas en la red implementada de cuarta generación (LTE). Se cumplen los niveles establecidos con la mínima potencia necesaria, durante el mantenimiento de la estación base proyectada, conforme a la normativa vigente, la operadora adapta su configuración a las mejoras tecnológicas existentes actualmente. Lo primero de todo es destacar que la transmisión discontinua es una función obligatoria tanto en UMTS como en LTE. Con esto, el control de potencia es imprescindible para el correcto funcionamiento del sistema, y debe ser lo suficientemente rápido y exacto para asegurarlo. De esta manera, tanto los terminales como las estaciones base LTE van a estar transmitiendo con la menor potencia necesaria para así asegurar unos requisitos mínimos de calidad en las comunicaciones.

### **2.3 Comparación de la eficiencia espectral entre UMTS y LTE**

Para llevar a cabo la ampliación de LTE en la banda de 2100 MHz, se han tenido que eliminar la segunda y tercera portadora de UMTS en dicha banda para así ocupar el ancho de banda utilizado en 3G (5 MHz por cada una de las portadoras). Gracias a esta integración se produce un aumento en la eficiencia espectral bastante destacable ya que, con las tecnologías móviles de cuarta generación, se consigue un máximo rendimiento de la red consiguiendo tasas de throughput más elevadas que en 3G. Además, al emplear enlace OFDMA el nivel de interferencias se minimiza notablemente, consiguiendo captar niveles de señal optimizados. El OFDMA consiste en una técnica de acceso al medio por división de frecuencias ortogonales que actualmente es la más utilizada por los sistemas más innovadores de comunicaciones inalámbricas, especialmente para LTE. Gracias a dicha técnica pueden existir varias conexiones transmitiendo cantidades limitadas de datos permitiendo que el protocolo expira los paquetes de datos más pequeños a través de múltiples subportadoras. A parte de lo mencionado, la capacidad de la red mejora considerablemente consiguiendo así captar un mayor número de usuarios en el servicio proporcionado por una estación. Con la ampliación de LTE, sustituyendo las dos portadoras de UMTS de la banda de 2100 MHz, se consigue una mayor velocidad para un mismo ancho de banda de ocupación del espectro radioeléctrico.

### **2.4 Reglas de ingeniería**

Para llevar a cabo el diseño radio de las nuevas celdas LTE2100 que se van a integrar, es estrictamente necesario que se cumplan una serie de reglas de ingeniería para que el servicio ofrecido no desarrolle ningún tipo de inconveniente. En dichas reglas se presta especial atención en las plantillas de integración 4G que se deben seguir para realizar la definición de celdas L2100, los datos radio tanto de nodo como de celda a nivel de parametrización, la priorización de las capas de LTE y 3G para movilidad, la configuración de la movilidad 4G – 4G y 4G – 3G, la activación tanto del Inter Frequency HO basado en la prioridad, como la del Inter Frequency MLB y la del Carrier Aggregation, la configuración de movilidad desde el 3G hacia el 4G, la activación

del Fast Return a 4G en la red de 3G, la configuración de la movilidad 2G – 4G y la configuración de QoS (Calidad de Servicio).

#### 2.4.1 Definición de celdas

Lo primero de todo para realizar la definición de celdas y que operaciones pueda definir las en red es el uso de dos ficheros. El “Summary Data” que contiene los datos básicos a nivel de celda incluyendo el nombre del Template XML adecuado para las celdas que se van a integrar y las IPs necesarias desarrolladas por la parte de transmisión.

En el fichero se indican el nombre del eNodeB del nodo, los LocalCellID, CellName, TAC, PCI y RSI, el modo de transmisión y recepción de las celdas y el Cell Template. Lo siguiente a rellenar es el Template necesario que están cargados en los gestores de cada zona y que contienen la parametrización completa de celda LTE, eNodeB y Site. Dichas plantillas las actualiza el departamento de operaciones y las suben a los gestores.

En cuanto al LocalCellID, cabe destacar que es el identificador de celda. Los valores que puede tomar están dentro del rango de 0 a 255 y es el mismo valor que el Cell ID, el cual viene definido en función de la banda LTE y del sector de cada celda. En la tabla 7 se pueden observar los valores:

<b>Bandas LTE</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>	<b>Sector 4</b>	<b>Sector 5</b>
<b>LTE1800</b>	1	2	3	10	11
<b>LTE2600</b>	4	5	6	13	14
<b>LTE800</b>	7	8	9	16	17
<b>LTE2100</b>	19	20	21	22	23
<b>NB-IoT 800</b>	61	62	63	64	65
<b>LTE900</b>	73	74	75	76	77

**Tabla 7. LocalCellID para las distintas bandas LTE.**

El CellName es el nombre de la celda LTE y sigue la nomenclatura SRAN “PPnnLXc”. Las cinco primeras letras coinciden con el eNodeB, siendo las dos primeras “PP” la provincia en el que se localice el Site. La letra “X” depende de la banda LTE de la celda, por lo que si la banda es 800MHz la letra será una “J”, 1800MHz una “K”, 2100MHz una “M” y 2600MHz una “L”. La última letra “c” indica el número del sector de cada celda. Por todo esto en el ejemplo de definición de celdas LTE2100 el CellName es: “AX30MM1” indicando que el nodo se encuentra en Alicante (AX), que la celda pertenece a la banda de 2100MHz (M) y al primer sector (1).

Por lo general, todas las celdas del eNodeB y de todas las bandas LTE deben tener el mismo TAC (Tracking Area Code) siendo un identificador de áreas.

Prestando atención a los parámetros de la tabla 8, el DL EARFCN identifica la frecuencia central de la celda LTE en Downlink.

	Ancho de Banda	DL UARFCN 3G	DL EARFCN
<b>LTE2600</b>	20 MHz	N/A	3250
<b>LTE1800</b>	20 MHz	N/A	1501
<b>LTE2100</b>	5 MHz	10763	426
<b>LTE2100</b>	10 MHz	10738+10763	401
<b>LTE2100</b>	15 MHz	10713+10738+10763	376
<b>LTE900</b>	5 MHz	3062	3724
<b>LTE900</b>	5 MHz	N/A	3774
<b>LTE900</b>	10 MHz	N/A	3749
<b>LTE800</b>	10 MHz	N/A	6300

Tabla 8. DL EARFCN.

Como se puede observar, como las celdas que se van a definir son todas de 10 MHz de ancho de banda, la frecuencia central va a tomar el valor 401.

Los parámetros DL y UL Bandwidth identifican el ancho de banda de la celda LTE según el número de bloques de recursos existentes. Hay que destacar que el ancho de banda tanto en Downlink como en Uplink debe ser igual (10 MHz cada una).

BW celdas	Parámetros DLBandwidth y ULBandwidth
<b>5 MHz</b>	CELL_BW_N25
<b>10 MHz</b>	CELL_BW_N50
<b>15 MHz</b>	CELL_BW_N75
<b>20 MHz</b>	CELL_BW_N100

Tabla 9. DLBandwidth y ULBandwidth.

#### 2.4.1.1 PCI (Physical Cell ID)

En lo referido al PCI (Physical Cell ID) existen 504 valores posibles en LTE para cada una de las celdas. Dichos valores están en el rango entre 0 y 503. Este parámetro requiere planificación. Los PCI se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$PCI = 3 \times SSS ID + PSS ID \quad (8)$$

El SSS ID se asocia al nodo y toma valores entre 0 y 167. El PSS ID se asocia al sector de la celda y toma valores entre 0 y 2.



A la hora de calcular y planificar los Physical Cell ID hay que tener en cuenta que se debe evitar que existan problemas de colisión y confusión de PCIs, por lo tanto, se tienen que fraccionar en grupos de tres en tres todos los posibles valores que puede adoptar dicho parámetro (Figura 10), para así reservar un grupo completo de tres PCIs a cada estación base LTE aunque no sea necesario utilizar todos ya que puede haber nodos que no tengan tres sectores. Así pues, cada SSS ID va a formar un grupo de 3 PCIs.

PSSID	0	1	2
	↓	↓	↓
SSSID	PCI1	PCI2	PCI3
0	0	1	2
1	3	4	5
2	6	7	8
3	9	10	11
4	12	13	14
5	15	16	17
6	18	19	20
7	21	22	23
8	24	25	26
9	27	28	29
10	30	31	32
11	33	34	35
.....	.....	.....	.....
160	480	481	482
161	483	484	485
162	486	487	488
163	489	490	491
164	492	493	494
165	495	496	497
166	498	499	500
167	501	502	503

Figura 10. Fracción en grupos de 3 de los PCIs.

Los PCIs no pueden repetirse en las distintas celdas del mismo nodo o de nodos vecinos de la misma banda de frecuencias LTE ya que esto puede provocar colisiones y esto causa problemas a la hora de proporcionar el servicio. Para evitar este problema de colisiones por repetición de PCIs se establecen una serie de distancias de reúso según el tipo de terreno en el que se encuentre el nodo:

Tipo de terreno	Distancias
Denso urbano	5 km
Urbano	7 km
Suburbano	20 km
Rural	50 km

Tabla 10. Tipos de terreno para definición de PCIs.

Además de dicha restricción, también hay que prestar especial atención en no usar PCIs con los mismos PSS IDs en celdas que se encuentren cercanas y que por su orientación queden enfrentadas. Ver figura 11.

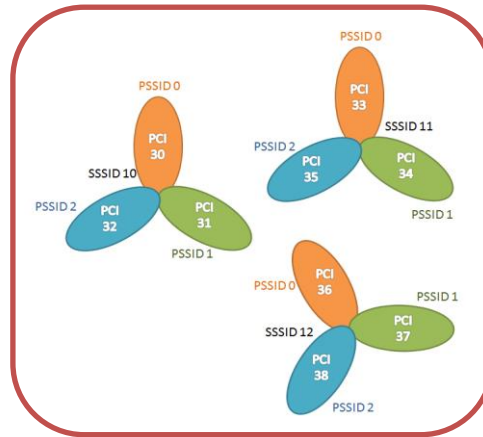


Figura 11. Planificación PSS IDs de celdas enfrentadas

A la hora de asignar los PCIs en un nodo que tenga distintas portadoras LTE no tenemos problema a la hora de repetir dichos parámetros ya que si las bandas son distintas en un nodo no se produce colisión. Se puede ver un ejemplo en la siguiente figura:

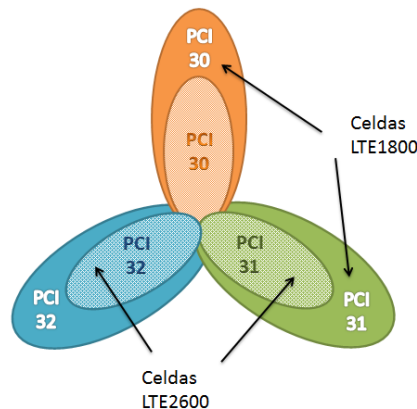


Figura 12. Asignación mismos PCIs en mismo nodo con distintas bandas

#### 2.4.1.2 RSI (Root Sequence ID)

El siguiente parámetro que se debe introducir en la definición de celdas es el RSI. Dicho parámetro es el identificador de la primera secuencia de ruta del RACH de la celda. El RSI puede adoptar valores numerados del 0 al 837. Debe ser planificado de manera independiente al PCI excepto para celdas NB IoT en las que el RSI es 0. Además, en el Summary Data se puede observar que se introduce el parámetro Cell Radius. Esto permite determinar el tipo de planificación que hay que usar para determinar los Root Sequences. Se establecen dos valores diferentes para el Cell Radius según las bandas que ocupen las celdas a integrar. Para las celdas de L800 o L1800 el valor de Cell Radius es de 38 kilómetros, mientras que si las celdas son L2100 o L2600 el Cell Radius es igual a 15 kilómetros. Al igual que el PCI el RSI también sigue una serie de restricciones que se deben cumplir para que no haya ningún tipo de degradación, como



que las primeras Root Sequences deben ser múltiplo de 22 y que los RSI de un sector no pueden guardar ningún tipo de relación con los de los otros sectores del nodo. Para ello el operador usa una herramienta de planificación para determinar la mejor opción según sea el azimuth de cada sector del nodo. Al igual que en PCI, en el Root Sequence ID se usa el criterio de tomar los mismos valores para celdas cosector de distinta banda de frecuencia.

#### 2.4.1.3 TxRxMode

El siguiente parámetro define la configuración MIMO de las antenas para cada una de las celdas del nodo. Para desarrollar este proyecto se van a instalar antenas de dos bocas por lo tanto el modo de transmisión y recepción es 2T2R.

### 2.4.2 Parametrización

La parametrización 4G abarca desde los datos radio tanto de nodo como de celda a nivel de parametrización, la priorización de las capas de LTE y 3G para movilidad, la configuración de la movilidad 4G – 4G y 4G – 3G, la activación tanto del Inter Frequency HO basado en la prioridad, como la del Inter Frequency MLB y la del Carrier Aggregation, la configuración de movilidad desde el 3G hacia el 4G y la activación del Fast Return a 4G en la red de 3G.

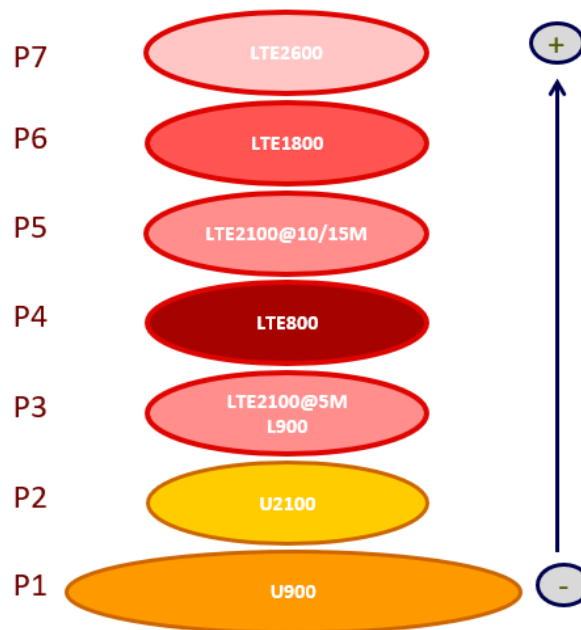
El fichero que se va a crear para desarrollar todos los comandos necesarios para llevar a cabo toda la parametrización, carga de vecinas y adecuaciones contiene las siguientes funciones:

#### 2.4.2.1 Movilidad 4G → 4G

##### 2.4.2.1.1 Frecuencias vecinas 4G

Para implementar la movilidad entre celdas LTE se definen primeramente las frecuencias 4G que se quieren aprobar como vecinas de las celdas LTE que se van a integrar. Así se permite la reelección entre portadoras y la relación automática de celdas vecinas que pertenezcan a las bandas definidas en las celdas locales del nodo en el que se realiza la ampliación L2100 gracias al ANR. Estos comandos son los “EUTRANINTERNFREQ” y contienen una serie de parámetros que deben ser definidos correctamente prestando especial atención en las prioridades de las bandas LTE, por lo que la parametrización depende de la banda de la celda origen y la destino. Hay que destacar que no se pueden definir bandas vecinas LTE inexistentes en la zona de la integración. Suele recomendarse definir máximo tres bandas de frecuencia en cada nodo.

A continuación, se procede a explicar la priorización de capas LTE y 3G para movilidad en modo idle (libre o desocupado). Las prioridades de las distintas portadoras LTE y 3G ocupan siete puestos distintos como se puede observar en la figura 13:



**Figura 13. Prioridades absolutas LTE y 3G**

Así pues, viendo los diferentes siete puestos que abarca cada una de las celdas tanto 4G como 3G se establecen las prioridades de las frecuencias LTE vecinas. El comando que define las portadoras LTE que se van a tomar como vecinas de la celda LTE que se va a integrar es el comando EUTRAINTERNFREQ. Dicho comando permite parametrizar la reelección de frecuencias y la adición de vecinas de distintas portadoras por el algoritmo ANR, por lo que dependiendo de la banda de la celda origen y la banda de la frecuencia destino la parametrización varía. A la hora de determinar las frecuencias vecinas, se debe tener en cuenta que es recomendable no definir más de 3 frecuencias. Por lo tanto, se realiza un estudio previo en base a la celda origen que se está implementando para así observar el despliegue existente de otras bandas en la zona. No se deben definir las bandas vecinas LTE inexistentes en la zona de la integración. Además, la frecuencia vecina de la portadora de 2600 MHz solo se define a las celdas LTE cosite que contengan dicha portadora y en caso de que exista algún nodo que solo trabaje en la banda de 2600 MHz, es decir, que existan en la zona microceldas, así los usuarios van a poder llegar a la capa del L2600.

En cuanto a la prioridad de reelección (CellReselPriority) y la prioridad en conectado (ConnFreqPriority), cabe destacar que en la configuración de conexión solo puede contener tres frecuencias FDD, ya que el parámetro de prioridad en conectado decide qué tres frecuencias se envían. Si existen más de tres portadoras definidas, solo se van a realizar handover a las tres frecuencias de mayor prioridad. En la siguiente tabla (Tabla 11) se muestran los valores que adoptan los dos parámetros del comando Eutraninternfreq:

Frecuencia vecina	DL EARFCN	CellReselPriority	ConnFreqPriority
LTE2600	3250	7	3
LTE1800	1501	6	7
LTE2100 (10/15 MHz)	401 o 376	5	5
LTE800	6300	4	6
LTE900	3724	3	4
LTE2100 (5 MHz)	426	3	4

Tabla 11. Parametrización para definición de frecuencias vecinas

#### 2.4.2.1.2 Externas 4G

Las celdas externas 4G se definen en los eNodeB que no son locales y con los que se establecen vecindades tanto IntraFreq (de la misma portadora) como InterFreq (distinta portadora). A nivel de integración no se define ninguna externa 4G ya que el ANR se va a encargar de crearlas automáticamente. Es importante definir correctamente las frecuencias vecinas EutranInterNFreq previamente ya que, si no se determinan, el ANR no funcionará y se van a producir errores en la integración.

#### 2.4.2.1.3 Vecinas IntraFreq 4G – 4G

Las celdas vecinas IntraFreq son aquellas que pertenecen a la misma portadora tanto del nodo local como del nodo destino. En el caso de vecinas 4G – 4G, al no existir controladora, el ANR es el encargado de crear dichas vecindades automáticamente. Por lo tanto, no es papel del ingeniero crear la relación de vecindad de celdas origen y destino pertenecientes a la misma portadora LTE. El comando que define dicha vecindad a nivel de celdas es el EutranIntraFreqNCell.

#### 2.4.2.1.4 Vecinas InterFreq 4G – 4G

Las vecinas InterFreq son aquellas que pertenecen a distintas portadoras. A la hora de implementar dichas vecinas el ingeniero solamente establece manualmente las vecinas InterFreq cosite para así asegurar la existencia de vecinas cosite de más capacidad (ancho de banda) para de esta manera permitir los Handovers por prioridad de frecuencia, establecer vecinas cosite con más huella de cobertura para garantizar que se realizan handovers por cobertura (garantía de que existe vecindad en caso de que falle el ANR), y la definición de vecinas cosector. De esta manera solamente se implementan manualmente vecinas tanto cosite como cosector locales, y el ANR se encarga de establecer las vecindades externas al nodo local automáticamente.

#### 2.4.2.1.5 Adecuaciones en red 4G existente

Una vez integradas las nuevas celdas LTE en un eNodeB se debe comprobar que en la zona a la que pertenece el nodo en el que se realiza la ampliación LTE2100, la red 4G existente está adecuada para así permitir la reelección y handover hacia las nuevas celdas implementadas. Para ello se tiene que definir la frecuencia LTE2100 (401) de las nuevas celdas como vecina InterFreq de las celdas existentes en la red de distinta banda. Primero se comprueba si ya está definida y, en el caso de que no lo esté, se define. Hay que recordar que solo se deben establecer como máximo tres frecuencias InterFreq FDD en cada nodo. En cuanto a las vecindades recíprocas del nodo destino al nodo origen, el ANR es el encargado de establecer dicha vecindad siempre y cuando la frecuencia de la portadora esté definida en el nodo destino.

#### 2.4.2.2 Movilidad 4G → 3G

En lo referido a la movilidad entre celdas LTE y UMTS, al igual que en las vecindades 4G, se definen tanto celdas externas, como la frecuencia de la nueva portadora que se implementa y las celdas nuevas del nodo en el que se aplica la ampliación de LTE en la banda de 2100 MHz.

##### 2.4.2.2.1 Frecuencias vecinas 3G

En cuanto a frecuencias vecinas 3G, se realiza la definición de las frecuencias portadoras 3G que los equipos de usuario van a monitorizar desde cada una de las celdas LTE integradas, y que además el algoritmo ANR va a usar para crear las vecinas y externas 3G respecto a nodos vecinos. Por lo tanto, a la hora de realizar el diseño radio para movilidad 4G – 3G, solamente se centra en las tecnologías del nodo origen y no en las existentes en los nodos vecinos.

Para limitar el número de portadoras a medir en modo conectado desde cualquier banda LTE, solamente se van a crear celdas vecinas y externas 3G mediante el ANR hacia U900 y U2100 para la primera portadora (F1), por lo que la segunda portadora (F2) del U2100 ya no se define.

El comando para el diseño de las frecuencias 3G vecinas es el UtranNFreq en base a la celda origen que se está integrando y en referencia al despliegue de UMTS en el nodo origen. A la hora de determinar la vecindad a nivel de frecuencias, se deben tener en cuenta las tres opciones existentes: que en el nodo origen se encuentren colocalizados tanto el U900 como el U2100, que solamente esté colocalizado el U900 o que solo esté colocalizado el U2100. Según el escenario existente en el nodo en el que se realice la ampliación, la parametrización varía. Se ha de destacar que excepcionalmente, en los casos en los que el nodo no tenga 3G de ningún tipo, dependiendo del entorno, puede interesar priorizar el U2100. En el caso de este proyecto siempre tendremos U900 colocalizado.

A continuación, se detallan los parámetros más imprescindibles a la hora de establecer las frecuencias vecinas 3G. El primero de ellos es la prioridad de reelección de celda (CellReselPriority). Además, se encuentran el límite tanto alto como bajo (ThreshXHigh y ThreshXLow), la prioridad de CS siendo la prioridad de la frecuencia 3G vecina para el transporte de servicio CS. Se utiliza en los traspasos activados por CS FallBack (CSPriority), la prioridad de PS siendo la prioridad de la frecuencia 3G vecina para el transporte de servicio PS. Se utiliza en las transferencias basadas en la cobertura de la huella de la zona (PSPriority), la prioridad de continuidad de llamada de voz única de radio (SRVCCPriority) y, por último, la prioridad de modo conectado (ConNFreqPriority).

En cuanto a la prioridad de reselección de celda se establece el valor de 1 o 2 según el tipo de tecnología predominante en el nodo origen. Para el caso de las celdas origen L2100 integradas, la celda en la que se defina la frecuencia LTE origen respecto al U900 tomará valor de reselección 1 teniendo así mayor prioridad y la frecuencia vecina del U2100 F1 tomará el valor de 2.

Seguidamente, los valores límites tanto alto como bajo también son siempre los mismos, aunque el caso de las bandas 3G destino varíe. Por lo que el límite alto es 8 y el límite bajo es 1.

Los parámetros de prioridad CS y PS son iguales para el caso en el que solamente se tiene como frecuencia vecina 3G la del U900 colocalizada o en el caso de que estén las dos bandas colocalizadas, tanto la de 900 MHz como la de 2100 MHz. Los valores para estos dos casos son 2 y 8. Cuanto mayor es el valor más prioridad se le asigna a la portadora 3G, por lo tanto, en estos dos escenarios se asigna el valor de 2 a la banda de 2100 MHz y el de 8 a la banda de 900 MHz. Sabiendo esto, en el caso en el que la frecuencia colocalizada sea la del U2100 y la U900 no esté colocalizada, las prioridades de conmutación de circuitos serán de 2 para la banda de 900 MHz y 8 para la banda de 2100 MHz.

El SRVCC Priority viene definido con las mismas prioridades que el CSPriority y el PSPriority, por lo que adopta los mismos valores dependiendo del caso que se tenga en el nodo en cuanto a frecuencias 3G.

Y, por último, la prioridad de la frecuencia en modo conectado (ConNFreqPriority) toma el valor de 7 para el U2100 y 8 para el U900 si el eNodeB tiene U900 cosite, y al contrario si no tiene U900 cosite y solo tiene U2100. En el caso en el que en la estación base haya tanto U900 como U2100 colocalizados, la mayor prioridad es para la frecuencia de la banda de 900 MHz.

A continuación, se muestra una tabla con los parámetros y valores relacionados a cada caso para así poder verlo con más claridad (Tabla 12):

		3G COLOCALIZADO	
	Frec.Vecina	U2100	U900+U2100
PRIORIDAD CS	U2100 (f1)	Prioridad 8	Prioridad 2
	U900	Prioridad 2	Prioridad 8
PRIORIDAD PS	U2100 (f1)	Prioridad 8	Prioridad 2
	U900	Prioridad 2	Prioridad 8
PRIORIDAD SRVCC	U2100 (f1)	Prioridad 8	Prioridad 2
	U900	Prioridad 2	Prioridad 8

Tabla 12. Prioridades frecuencias vecinas 3G

#### 2.4.2.2.2 Celdas externas 3G

Las vecinas externas 3G son aquellas que tienen alguna relación de vecindad con las celdas del nodo local en el que se realiza la ampliación, pero que pertenecen a una BSC distinta a la controladora origen. A la hora de definir las solamente se añaden las celdas U900 y la primera portadora de U2100. El comando para definir dichas celdas es el UtranExternalCell. Como parámetros de estas celdas se añaden el RNC ID el Cell ID de dichas celdas, el PSC (Physical



Scrambling Code), RAC (Routing Area Code), LAC (Location Area Code) y el nombre de las celdas.

#### 2.4.2.2.3 Celdas vecinas 3G

A la hora de definir la relación de vecindad 4G – 3G de cada una de las celdas cosite del emplazamiento se debe tener en cuenta que el ANR crea las vecindades con nodos vecinos y que en ningún caso debe aparecer ningún caso de vecinas 3G de la segunda portadora. Por lo tanto, se define manualmente para cada una de las celdas LTE todas sus vecinas U900 y U2100 de primera portadora (10713 MHz) existentes en el nodo. En cuanto a la prioridad de salto del handover cabe destacar que siempre va a tomar el valor más alto (32).

#### 2.4.2.3 Activación de Interfreq HO basado en prioridad

Siempre que el eNodeB disponga de celdas de distinta banda y distintos anchos de banda, se deben activar en 4G el HO entre distintas frecuencias basado en la prioridad de las celdas. Con el comando “CELLALGOSWITCH” se activa dicha función referente a las celdas LTE existentes en el nodo y las definidas tras la ampliación L2100. Es necesario definir la prioridad de salto de handover al máximo en las celdas cosite destino del HO. Solamente se activa dicho comando para celdas L800 cuando existen L1800, L2600 o L2100, pero de 15 MHz y siempre cosite. Para celdas L2100 como es nuestro caso, se activa siempre y cuando existan L1800 o L2600 cosite. Para celdas origen L1800 o L2600 nunca se define esta prioridad debido a que no existen capas de mayor capacidad.

#### 2.4.2.4 Activación de Inter-Frequency MLB

Este comando es obligatorio definirlo siempre y cuando existan varias bandas LTE en un mismo sector. También activamos el Inter-Frequency MLB en todas las bandas con thresholds específicos en algunos escenarios concretos.

#### 2.4.2.5 Activación de Carrier Aggregation

La activación del Carrier Aggregation se realiza siempre y cuando existan dos o tres bandas activas LTE y se activa desde la integración del eNodeB/celdas.

La configuración del CA debe ser adaptativa en todas las combinaciones posibles de LTE:

- L800+L1800
- L1800+L2600
- L800+L1800+L2600
- L800+L2100
- L1800+L2100
- L800+L1800+L2100
- L1800+L2100+L2600

Antes de definir las frecuencias tanto primarias como secundarias para establecer la relación, se tiene en cuenta el aplique de la activación de las licencias asociadas a Carrier Aggregation. Tras esto se activa el modo adaptativo con los comandos CAMGTCFG para activar el 2CC o 3CC según el número de bandas LTE en el emplazamiento en todas las celdas existentes. Además, con el PCCFREQCFG se define la frecuencia de cada una de las bandas y con SCCFREQCFG se establece la relación frecuencial entre ellas. Después se configura el TTT (Time To Trigger) del



evento A4 a cien milisegundos. Para definir la configuración a cada celda (Scell), se utiliza el comando CAGROUPSCCELLCFG. De esta manera se relacionan todas las celdas LTE.

## 2.5 KPIs

Los KPIs son ficheros mediante los que se puede visualizar el comportamiento del servicio de telefonía móvil que está proporcionando un nodo de todas las tecnologías que hay implementadas en él. Mediante dicho reporte se mantienen en perfecto funcionamiento todos los sites antes y después de cualquier nueva implementación gracias a unos requisitos mínimos de calidad que se deben cumplir.

Una vez creados y analizados dichos ficheros se reportan a la operadora para que revisen que realmente no se produce ningún fallo en ninguna de las diferentes fases del servicio y que se cumplen los requisitos mínimos establecidos. Las diferentes fases que se analizan son la accesibilidad, el tráfico, la movilidad, los eventos como son caídas de servicio y la calidad.

En la accesibilidad se analiza el servicio CSSR (Call Setup Success Rate) siendo el ratio de éxito en inicios de llamada. Se tiene en cuenta la señalización tanto eRRC como eRAB. Con dichos parámetros se controla el establecimiento y mantenimiento de llamada tanto de datos (PS) como de voz (CS). Se estudian los intentos y fallos y con ello, la tasa de éxito. A continuación, se puede observar una figura que explica el procedimiento para realizar la accesibilidad en una llamada:

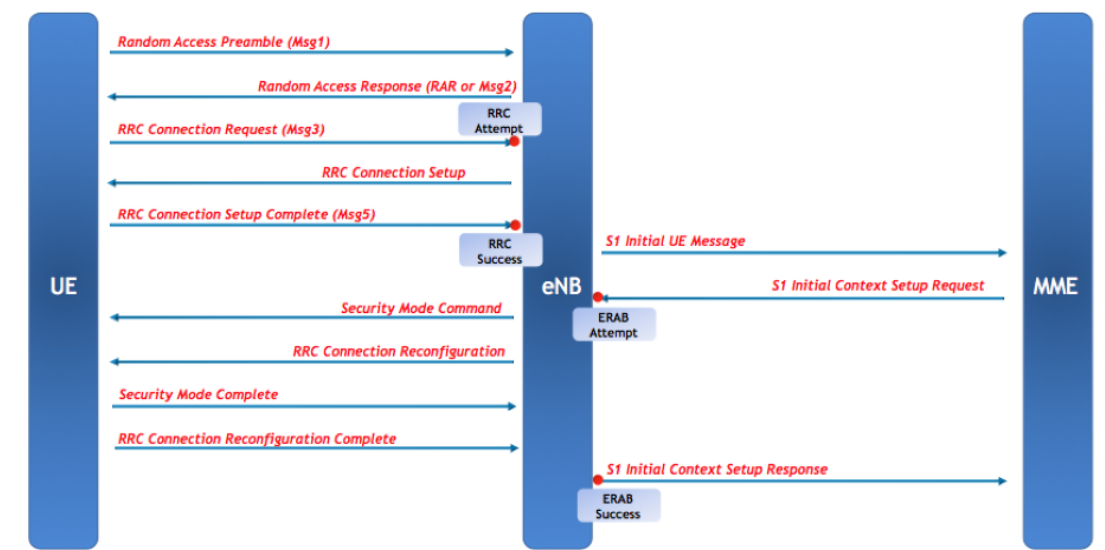


Figura 14. Procedimiento de la accesibilidad en comunicaciones móviles [9].

En cuanto al tráfico, en los KPIs se obtienen los minutos VoLTE que han sido efectuados, el throughput tanto de uplink como de downlink en Mbps, el número de usuarios y el ratio de Carrier Aggregation. En la fase de movilidad se analizan los intentos de handover y los fallos que se han establecido y con ello la tasa de éxito tanto a nivel de nodos vecinos de todas las bandas LTE como las vecinas InterFreq las cuales están definidas en distintas bandas de frecuencia LTE, y las IntraFreq que son las que capta el ANR estableciendo relaciones de vecindades de manera dinámica y que trabajan en la misma banda de frecuencia (2100 MHz). También se analizan los eventos en cuanto a caídas a la hora de realizar llamadas de voz y la calidad del servicio que proporciona el site estudiando el nivel de fuerza que tiene la señal recibida por la antena, el alcance en kilómetros que alcanzan las distintas celdas implementadas en el nodo y la indisponibilidad de segundos que se obtiene en el servicio proporcionado.

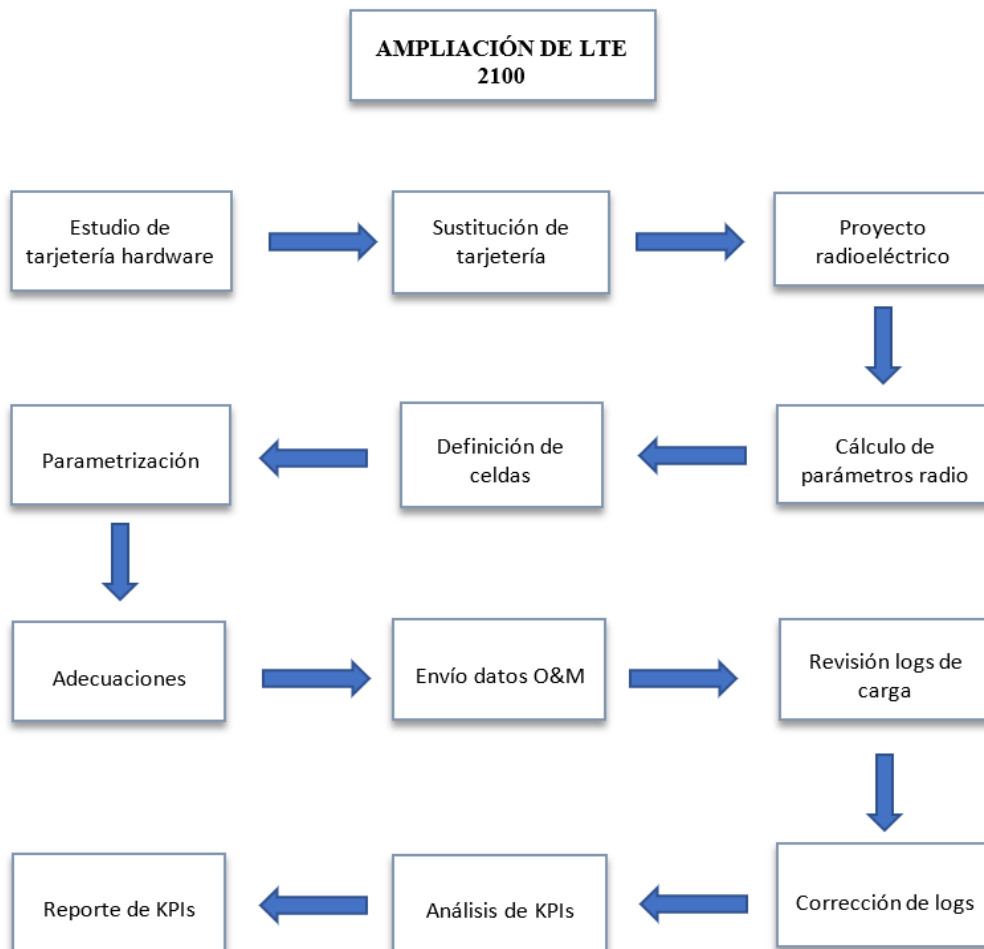
## Capítulo 3. Metodología de trabajo

### 3.1 Gestión del proyecto

El proyecto tiene metodología E2E, es decir la empresa realiza desde la parte de instalación de antenas hasta la puesta en servicio. Por ello para realizar la ampliación de LTE2100 en la zona Levante la empresa necesita tres departamentos claramente diferenciados como son infraestructuras, operaciones y mantenimiento (O&M) e ingeniería de red (IdR). En el departamento de infraestructuras se encargan de realizar replanteos de las infraestructuras de red necesarias para llevar a cabo la instalación del nuevo servicio. En el departamento de operaciones tienen como misión la configuración e integración de los nodos radio y, además, ofrecen servicios de monitorización y aseguramiento de las redes de acceso radio y transmisión. En cuanto al departamento de ingeniería de red, que es en el cual se va a desarrollar el trabajo final de máster, las funciones principales son el diseño y optimización tanto de la parte de radiofrecuencia como la de transmisión. En este caso el proyecto se enfoca desde el departamento de IdR radio, por lo que se van a explicar y desarrollar las distintas funciones que se han realizado para la implementación de las nuevas integraciones LTE.

### 3.2 Distribución en tareas

Para realizar la distribución de tareas del proyecto se realiza un flujograma en el que se muestran los pasos a seguir para desarrollar la integración de la manera más eficiente posible:



### 3.3 Herramientas de trabajo

Para poder desarrollar cualquier tipo de proyecto en la empresa de manera óptima son necesarios unos requisitos fundamentales, como la utilización de herramientas de trabajo para llevar a cabo el diseño y comprobación del trabajo realizado. Para implementar el nuevo servicio se utilizan los siguientes softwares los cuales se explican a continuación.

#### 3.3.1 *Vismon*

Vismon es una herramienta en la cual se documentan todas las celdas de los nodos que se van a implementar. A la hora de documentar lo primero de todo es introducir los datos del site en el que se realiza la nueva integración como es la provincia, el código de localización, el nombre del nodo, etc., y con ello las tecnologías que contiene cada nodo. Tras esto se indica la orientación de cada uno de los sectores que contenga el emplazamiento y las antenas que se van a utilizar. Tras esto se crean las celdas para cada tecnología en la banda de frecuencias determinada y se relacionan las celdas con las antenas del emplazamiento. Después se documentan los datos radio calculados anteriormente y con todo esto se descarga un export con toda la información necesaria para realizar el diseño. Cabe destacar que Vismon está sincronizado con la configuración de red que se explica más adelante (CdR). En la figura 15 se puede observar la interfaz de la pestaña de Vismon de la documentación de las distintas celdas del nodo:

Cell Name	RF Sector	Azimuth	Band	Status	DL Frequency	NB I...	TDD	DT Reason	Planned Decom.
AX17IK1 (0)	1	340	1800	Live	1501	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IK2 (1)	2	100	1800	Live	1501	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IK3 (2)	3	240	1800	Live	1501	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IL1 (3)	1	340	2600	Live	3250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IL2 (4)	2	100	2600	Live	3250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IL3 (5)	3	240	2600	Live	3250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IM1 (6)	1	340	2100	Live	401	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IM2 (7)	2	100	2100	Live	401	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>
AX17IM3 (8)	3	240	2100	Live	401	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	In Service	<input type="text"/>

Figura 15. Interfaz de Vismon (Documentación de celdas).

#### 3.3.2 *Remedy*

A través de Remedy se documenta, registra y controla, cada uno de los ficheros de carga desarrollados para llevar a cabo cualquier tipo de integración. En nuestro caso se genera una Work Order (WO) para poder enviar al repositorio los ficheros de definición de celdas, parametrización y adecuaciones. De esta manera, tanto O&M como la operadora tienen acceso a dichos ficheros. Gracias a esta plataforma los distintos departamentos de la empresa pueden documentar de manera sincronizada los diversos trabajos. Se observa en la figura 16 la interfaz de esta herramienta:

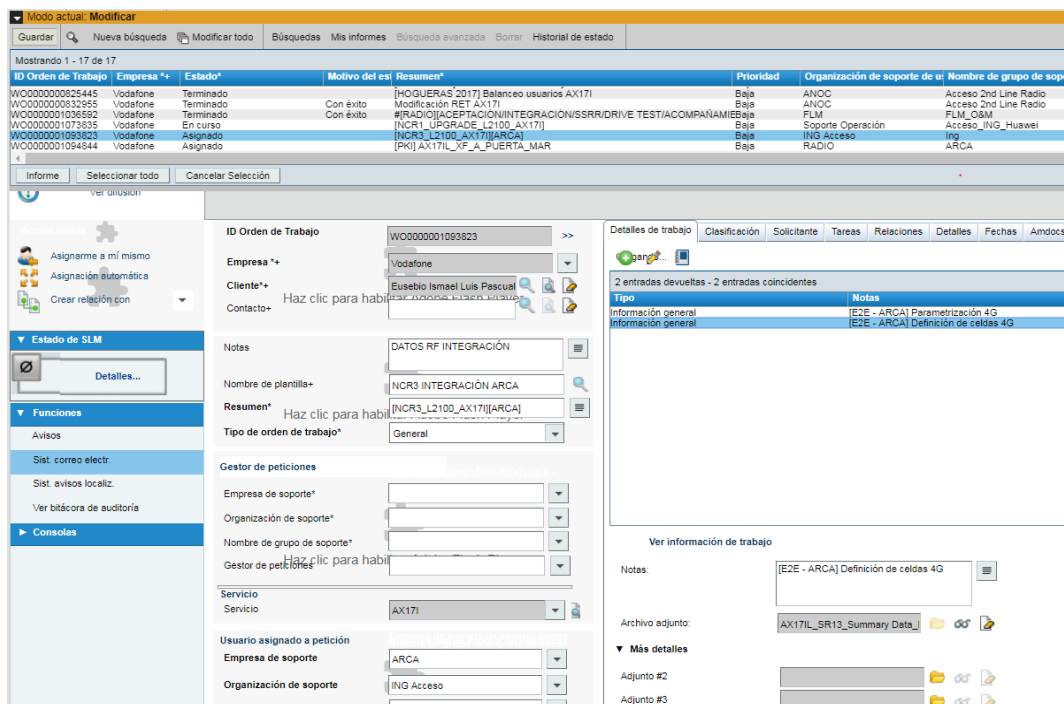


Figura 16. Interfaz de Remedy (WO – AX17).

### 3.3.3 M2000

M2000 es el software en el que se puede observar el estado de la red de cualquier zona de España. Con esta herramienta el departamento de Operaciones y Mantenimiento realizan la carga de los ficheros que se han creado para realizar la ampliación de LTE. Además, en el departamento de Ingeniería de Red se obtiene el estado actual de la red para comprobar el correcto funcionamiento.

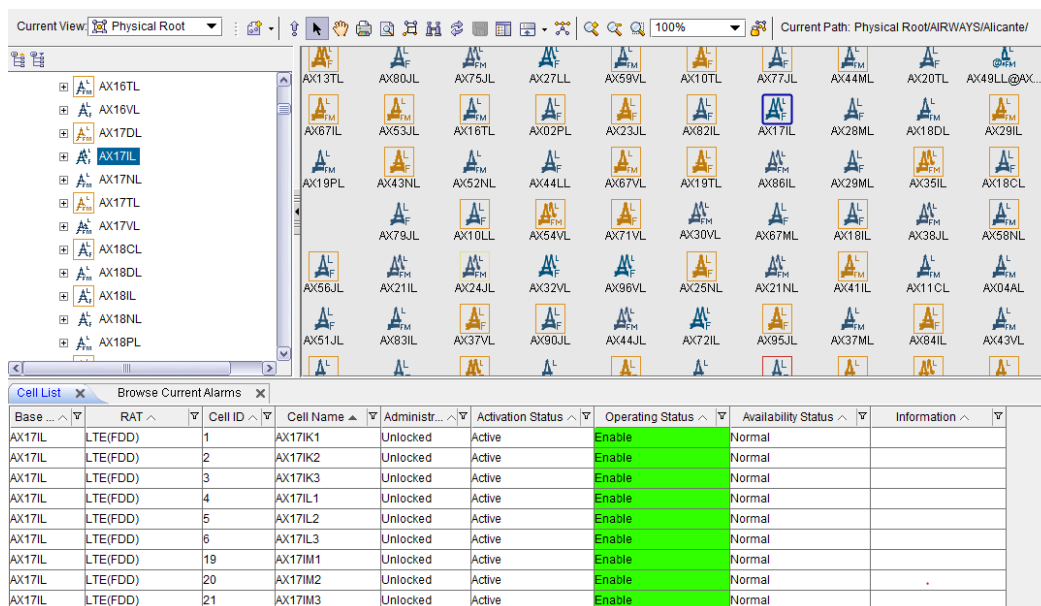


Figura 17. Interfaz de M2000.

### 3.3.4 MYCOM

Con esta herramienta se obtienen los KPIs tras el encendido de las distintas celdas de la ampliación LTE 2100. Los KPIs se reportan a la operadora pasadas 24h tras la puesta en servicio y tras una semana. Con dicho reporte se comprueba que el funcionamiento de la red no se ha degradado tras la nueva integración y además se analiza el nuevo servicio ofrecido al usuario.

Short name	4G_HUA_CSSR_Service	4G_HUA_RRC_Signalling_Succ_Rate	4G_HUA_Service_Drop_Rate	4G_HUA_Service_Drop	4G_HUA_eRAB_Service_Att	4G_HUA_eRAB_Service_Fail	
22/08/19, 01:00	AX17IK1	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	3164	0
	AX17IK2	99.75 %	100.00 %	0.00 %	0	845	1
	AX17IK3	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	3156	0
	AX17IL1	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	2939	0
	AX17IL2	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	7638	0
	AX17IL3	100.00 %	100.00 %	0.02 %	4	27190	0
	AX17IM1	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	6	0
	AX17IM2	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	40	0
	AX17IM3	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	534	0
22/08/19, 02:00	AX17IK1	100.00 %	98.32 %	0.00 %	0	1718	0
	AX17IK2	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	1280	0
	AX17IK3	99.97 %	100.00 %	0.00 %	0	3024	1
	AX17IL1	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	5382	0
	AX17IL2	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	1842	0
	AX17IL3	99.99 %	100.00 %	0.00 %	0	18543	1
	AX17IM1	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	7	0
	AX17IM2	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	57	0
	AX17IM3	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	613	0
	AX17IK1	99.97 %	100.00 %	0.00 %	0	3526	1
	AX17IK2	100.00 %	100.00 %	0.00 %	0	1315	0
	AX17IK3	100.00 %	100.00 %	0.07 %	2	2920	0
	AX17IL1				0	0	0

Figura 18. Interfaz de MYCOM.

### 3.3.5 Configuración de Red

Con este *software* se registra la actualización de los distintos servicios de la red creando tickets de seguimiento. Para cada uno de los nuevos elementos de los diferentes emplazamientos se crea un ticket con la información de las nuevas celdas de la tecnología 4G.



Figura 19. Interfaz de CdR.

## Capítulo 4. Desarrollo y resultados

### 4.1 Adaptación económica de la red

Para adaptar económicamente el trabajo que se va a realizar y además cumplir con los objetivos de aumentar la capacidad de la red, existen dos opciones diferentes de desarrollo de trabajo:

- Ampliar la tecnología 4G añadiendo la nueva banda de 2600 MHz sin variar el diseño radio existente hasta el momento.
- Reemplazar la segunda y tercera portadoras del U2100 para así, reutilizar los 10 MHz del espectro radioeléctrico y añadir el L2100.

Lo primero de todo es analizar las dos opciones de desarrollo. Con la primera opción, ampliando la tecnología 4G añadiendo el L2600, se consigue el objetivo de aumentar el throughput y el volumen del tráfico, pero el coste económico es mayor ya que de esta manera, sería necesario cambiar la RRU del emplazamiento, las tarjetas, coaxiales y demás elementos pasivos.

Con la segunda opción, se consigue un ahorro económico considerable ya que, al ser muchos los nodos en los que se realiza la nueva integración, la sustitución de tarjetería debe ser lo menor posible para que el coste no sea elevado. Reutilizando los 10 MHz de las dos portadoras eliminadas en el U2100, solamente es necesario reemplazar las tarjetas de la RRU existente para añadir la nueva banda LTE.

En segundo lugar, con lo mencionado en el estudio de mercado sobre la tarjetería hardware existente, se muestra el desarrollo hardware de uno de los nodos de Alicante (AX17I) en los que se realiza la ampliación 4G. En dicho site existían previamente las siguientes tecnologías: GU900, U2100 con las tres portadoras y L1800. En el emplazamiento se encuentra dentro del rack la tarjetería hardware necesaria para proporcionar el servicio implementado hasta el momento mostrándose en la siguiente tabla:

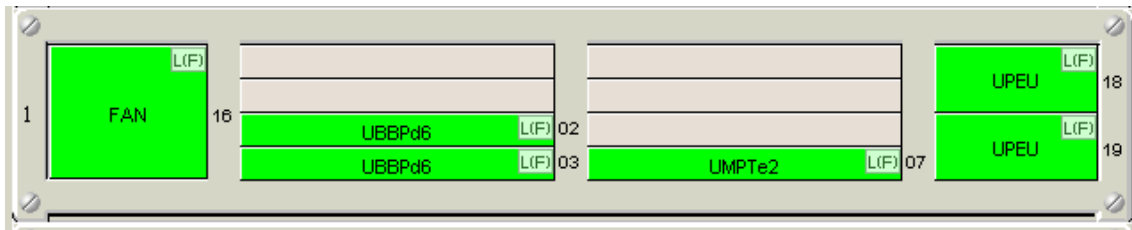
UMPT3G	UMPT4G	UBBP4G	Slot 18 3G	Slot 19 3G	Slot 18 4G	Slot 19 4G	RRU
UMPT	UMPTa2	UBBPd6	UPEUc	UPEUc	UPEUc	UPEUc	RRU3828

Tabla 13. Tarjetería hardware previa a la nueva integración.

Para poder ampliar el LTE en la banda de 2100 MHz, es necesario realizar una serie de cambios en la tarjetería para que así el emplazamiento soporte perfectamente el nuevo servicio a proporcionar. Ya que el diseño de los distintos emplazamientos es diferente según el tipo de necesidades que tenga cada uno de ellos, para llevar a cabo la ampliación 4G, se añaden dos o tres celdas de LTE2100 en cada site. En la mayoría de los emplazamientos se añaden tres celdas LTE, una para cada sector de apuntamiento de la antena como es el ejemplo que se está mostrando, por lo que, al añadir tres celdas nuevas, es necesario reemplazar la siguiente tarjetería:

UMPT3G	UMPT4G	UBBP4G	Slot 18 3G	Slot 19 3G	Slot 18 4G	Slot 19 4G	RRU
OK	UMPTe2	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Tabla 14. Tarjetería hardware tras la nueva integración.



**Figura 20. Topología 4G de la tarjetería hardware tras la integración.**

Solamente es necesario cambiar la tarjeta de transmisión UMPTa2 por una UMPTe2 que tiene más capacidad para soportar las tres nuevas celdas LTE. De esta manera se desarrolla para cada uno de los sites de la zona Levante la sustitución de tarjetería. En algunos emplazamientos, además de cambiar las tarjetas de transmisión, se añaden tarjetas banda base para que soporten las nuevas celdas que se van a integrar.

Para finalizar con la adaptación económica de la red, se añade el presupuesto que supone el reemplazamiento de la tarjetería hardware necesaria en cada uno de los sites:

- Añadir una nueva tarjeta de transmisión (UMPTe2): 310€.
- Añadir una nueva tarjeta banda base (UBBPd6): 695€.
- Añadir nueva RRU (RRU3828): 850€.

Con el presupuesto adquirido para tomar dichos valores, teniendo en cuenta la opción elegida para llevar a cabo este proyecto llegando a ahorrar 1000€ por emplazamiento. Por lo tanto, la opción elegida es la más económica para desarrollar dicho trabajo suponiendo un presupuesto máximo por site de 800€ y mínimo de 350€. Teniendo en cuenta que la ampliación se realiza en 100 nodos distintos, el coste promediado final del proyecto es en torno a 50.000€.

## 4.2 Proyecto Radioeléctrico

Para cumplir con las leyes que se aprueban en el Real Decreto que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, las diferentes restricciones existentes de las emisiones radioeléctricas y las medidas de protección sanitarias frente a dichas emisiones [7], se realiza un proyecto radioeléctrico que certifica que se cumplen todas las medidas proporcionadas por el Reglamento. Como los trabajos a realizar son una ampliación de un servicio ya existente en los distintos emplazamientos de la zona Levante, el proyecto radioeléctrico de estos emplazamientos ya existe y, por lo tanto, ya cumple con las condiciones legales mencionadas. Así pues, hay que adaptar el proyecto a las nuevas condiciones teniendo en cuenta que la potencia a la que radian las antenas es la misma que la calculada con anterioridad, siendo lo único que cambia el número de frecuencias integradas en los emplazamientos. El número de frecuencias tiene repercusión a la hora de calcular el volumen de emisiones radioeléctricas ya que el espectro de señal aumenta.

Conociendo todo lo explicado anteriormente sobre el tema del cumplimiento de las leyes establecidas, se pone como ejemplo el estudio del certificado en uno de los emplazamientos de Valencia (VX57V), en el que se ha llevado a cabo la ampliación de LTE en la banda de 2100 MHz.

Lo primero de todo es localizar en el plano de cartografía de situación de la estación base, la ubicación y el entorno en el que se encuentra el nodo en el que se va a realizar la nueva integración:







Figura 23. Plano de la sectorización y puntos de medida (VX57V).

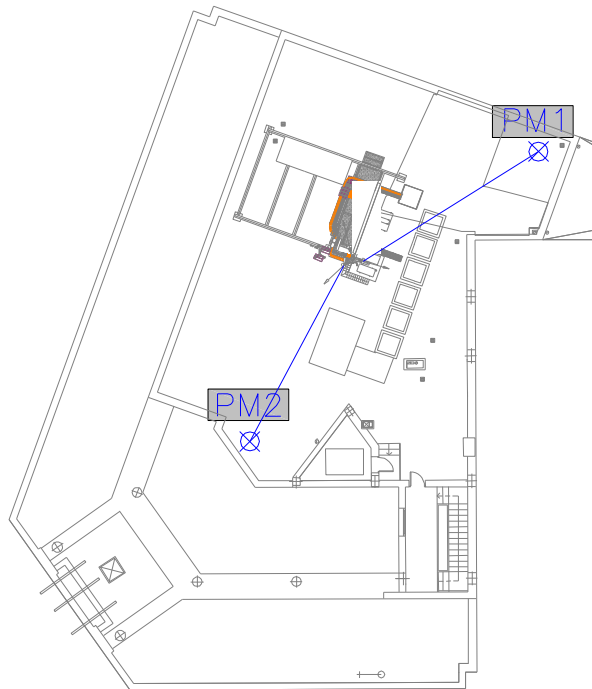


Figura 24. Plano de la sectorización y puntos de medida (VX57V).

En segundo lugar, se realiza el cálculo de los volúmenes de referencia para obtener las dimensiones de los paralelepípedos de referencia. Con las expresiones recomendadas por el COIT mencionadas en el apartado del cumplimiento del Real Decreto, se obtienen los siguientes cálculos para cada una de las tecnologías del emplazamiento:

Tecnología/ Sector	VOLÚMENES DE REFERENCIA INDIVIDUALES				
	Lm1 (m)	Lm2 (m)	Lh (m)	Lv1 (m)	Lv2 (m)
<b>GSM- 1</b>	5,60	0,22	4,04	0,57	0,50
<b>GSM- 2</b>	5,60	0,22	4,04	0,57	0,50
<b>GSM- 3</b>	5,60	0,22	4,04	0,57	0,50
<b>UMTS900- 1</b>	5,60	0,22	4,04	0,57	0,50
<b>UMTS900- 2</b>	5,60	0,22	4,04	0,57	0,50
<b>UMTS900- 3</b>	5,60	0,22	4,04	0,57	0,50
<b>UMTS2100- 1</b>	5,64	0,24	3,89	0,92	0,56
<b>UMTS2100- 2</b>	5,64	0,24	3,89	0,92	0,56
<b>UMTS2100- 3</b>	5,64	0,24	3,89	0,92	0,56
<b>LTE1800- 1</b>	8,56	0,34	6,18	0,87	0,76
<b>LTE1800- 2</b>	8,56	0,34	6,18	0,87	0,76
<b>LTE1800- 3</b>	8,56	0,34	6,18	0,87	0,76
<b>LTE2100- 1</b>	3,95	0,17	2,72	0,65	0,39
<b>LTE2100- 2</b>	3,95	0,17	2,72	0,65	0,39
<b>LTE2100- 3</b>	3,95	0,17	2,72	0,65	0,39

Tabla 15. Volúmenes de referencia individuales por tecnología.

A raíz de los volúmenes de referencia individuales se calculan los niveles de referencia compuestos los cuales componen los paralelepípedos de referencia que se van a mostrar en la siguiente tabla:

VOLUMENES DE REFERENCIA COMPUESTO							
Tecnología/ Sector	Lm1 (m)	Lm2 (m)	Lh (m)	Lv1 (m)	Lv2 (m)	Lve1 (m)	Lve2 (m)
Sector 1	19,99	0,81	14,17	2,61	1,87	3,61	2,87
Sector 2	19,99	0,81	14,17	2,61	1,87	3,61	2,87
Sector 3	19,99	0,81	14,17	2,61	1,87	3,61	2,87

Tabla 16. Volúmenes de referencia compuestos.

Seguidamente se muestran los planos en planta y alzado con volúmenes los de referencia para cada uno de los sectores del emplazamiento de Valencia. Los paralelepípedos que aparecen representados en los planos limitan la zona de fuera en la que se respetan los niveles de exposición establecidos. Para obtenerlos se incrementan las dimensiones del paralelepípedo para así añadir el factor adicional de protección.

El volumen que se incluye dentro del paralelepípedo es mayor de lo que resultaría en la realidad ya que se calcula de manera teórica teniendo en cuenta ciertas medidas. Además, el paralelepípedo no intercepta con zonas de tránsito de personas y por ello es seguro que éstas puedan circular de manera totalmente segura en las proximidades al site ya que no hay ningún riesgo para la salud gracias al cumplimiento de los niveles de exposición.

Cuando se comprueban los volúmenes compuestos, la vista principal de análisis de incisión de las emisiones radioeléctricas es la planta, ya que así observa claramente cuáles son las zonas que se exponen a dichas emisiones. Gracias la vista en alzado, se visualiza la altura de seguridad de incisión de emisiones en personas que puedan permanecer cercanas a la antena.

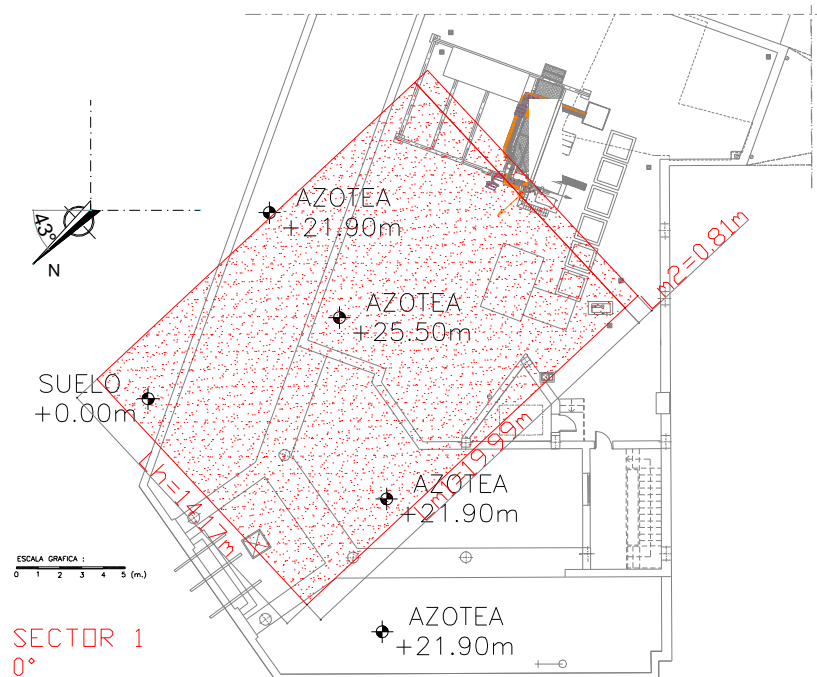


Figura 25. Volumen de referencia sector 1 (Planta)

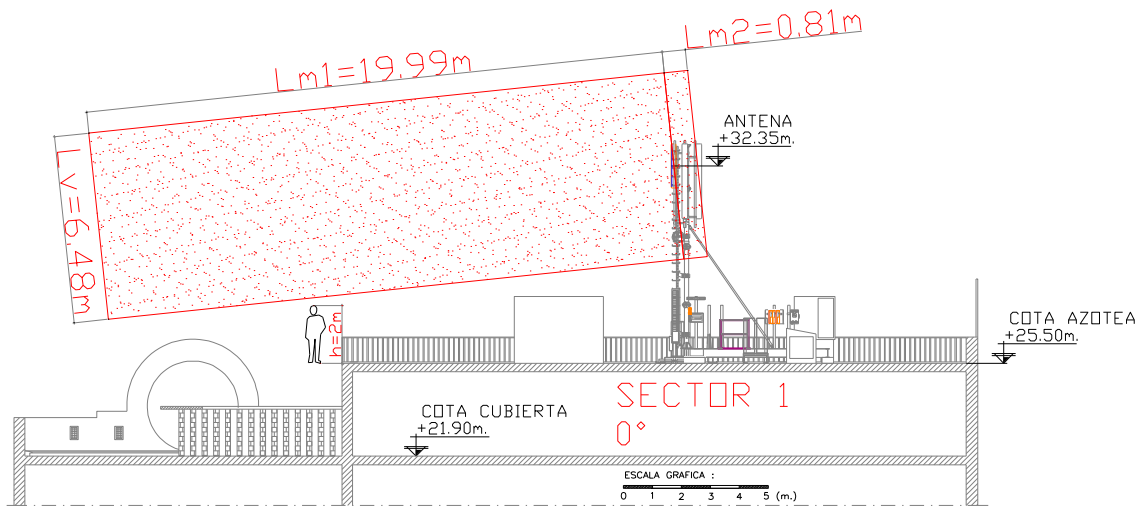


Figura 26. Volumen de referencia sector 1 (Alzado)

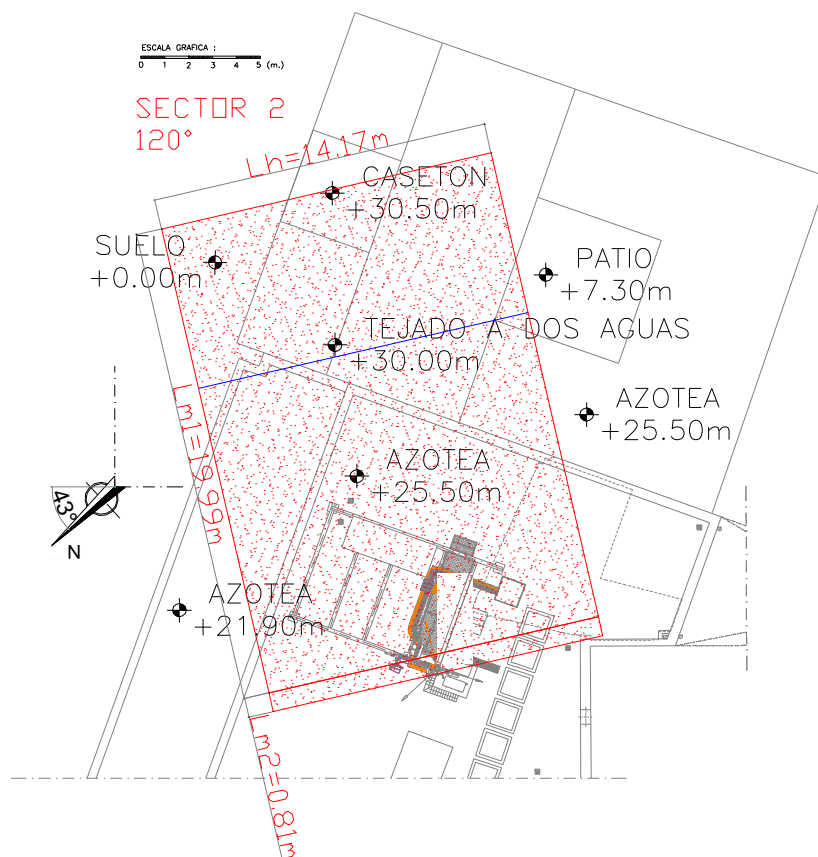


Figura 27. Volumen de referencia sector 2 (Planta)

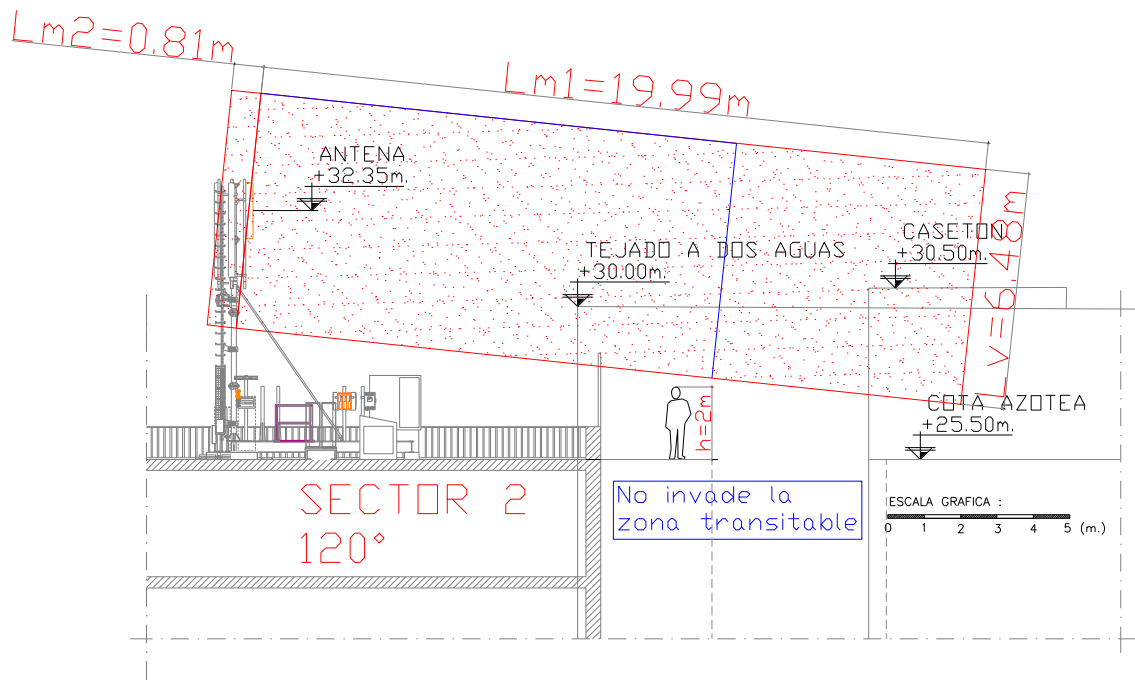


Figura 28. Volumen de referencia sector 2 (Alzado)

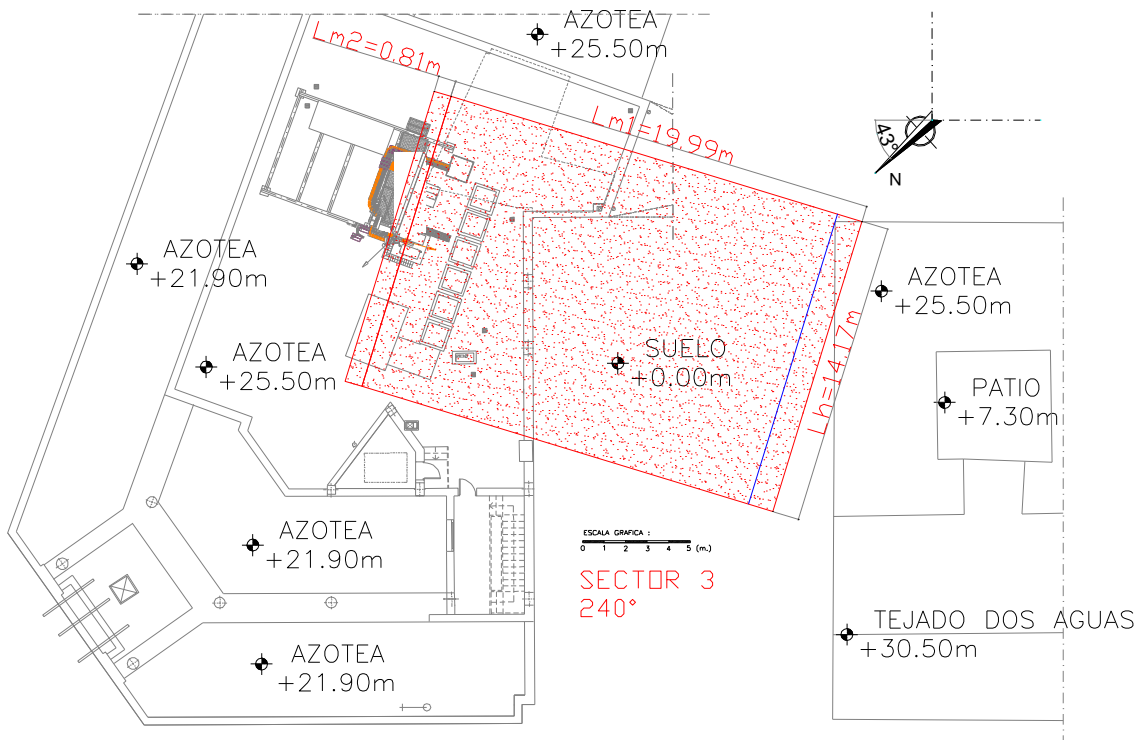


Figura 29. Volumen de referencia sector 3 (Planta)

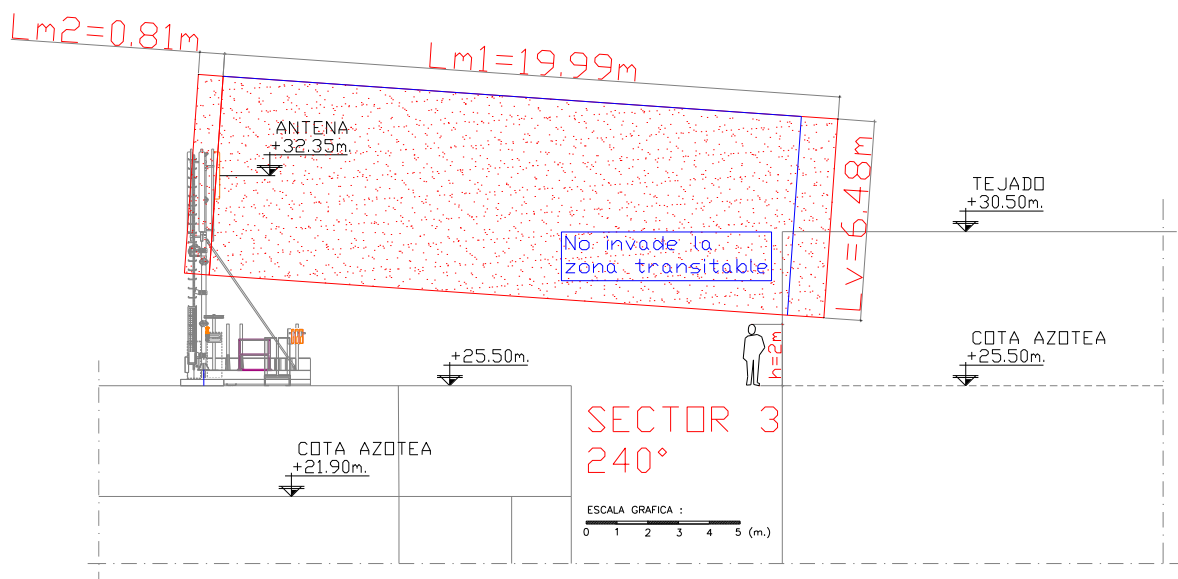


Figura 30. Volumen de referencia sector 3 (Alzado)

Para finalizar con el proyecto radioeléctrico cabe destacar que se han cumplido todas las condiciones necesarias para poder llevar a cabo satisfactoriamente la ampliación de LTE2100.

### 4.3 Cálculo y diseño de parámetros radio

En cuanto al diseño radio de la nueva integración, lo primero de todo, es obtener los parámetros radio para las celdas definidas en la tecnología 4G para realizar la ampliación. Los parámetros necesarios para poder documentar en Vismon las nuevas celdas a integrar son el TAC, PCI y RSI. Una vez documentado en Vismon se procede a realizar el siguiente paso en la integración.

### 4.4 Definición de celdas LTE2100

Con todo lo explicado anteriormente se procede a realizar la plantilla de la definición de celdas LTE2100 para que el departamento de operaciones y mantenimiento (O&M) integre dicha configuración en red (M2000). Lo primero que se incluye es el nombre del nodo en el que se va a realizar la integración, con las diferentes celdas a diseñar. Además, tras el cálculo de los PCI, RSI y TAC de las celdas, se asignan los valores correspondientes a cada una de ellas. Con todo esto solamente faltarían definir los CellID para cada celda y la frecuencia central para la banda de 2100 MHz, es decir la frecuencia 401.

eNodeB						
*eNodeB Name	*LocalCellID	*CellName	Sector Equipment ID	*CellId	*TrackingAreaId	*TAC
AX30ML	19	AX30MM1	19	19	0	2874
AX30ML	20	AX30MM2	20	20	0	2874
AX30ML	21	AX30MM3	21	21	0	2874

Figura 31. Summary Data LTE2100 (Parte 1).

*DIEarfcn	*DIBandwidth	*UIBandwidth	*PCI	*FddTddInd	*RootSequenceldx
401	CELL_BW_N50	CELL_BW_N50	12	CELL_FDD	704
401	CELL_BW_N50	CELL_BW_N50	13	CELL_FDD	594
401	CELL_BW_N50	CELL_BW_N50	14	CELL_FDD	242

Figura 32. Summary Data LTE2100 (Parte 2).

*Cell transmission and reception mode	*Cell Template
2T2R	CELL_FDD_2100_10M_2x20
2T2R	CELL_FDD_2100_10M_2x20
2T2R	CELL_FDD_2100_10M_2x20

Figura 33. Summary Data LTE2100 (Parte 3).

Así pues, el CellID de las celdas LTE2100 adoptarían los valores de 19 para el primer sector, 20 para el segundo sector y 21 en el caso de que existiesen tres sectores en la antena.

Por último, se añade al documento la plantilla que deben usar en el departamento de Operaciones y Mantenimiento para poder cargar correctamente en M2000 los datos del fichero de definición de celdas creado para cada uno de los emplazamientos.

#### 4.5 Parametrización y adecuaciones LTE2100

En cuanto a la parametrización y adecuaciones, se determinan cuáles son los parámetros necesarios que configurar en cada uno de los sites dependiendo de las tecnologías y bandas que el nodo contenga implementadas anteriormente.

Para llevar a cabo este paso de la nueva integración se crean dos ficheros. El primero de ellos es el fichero de parametrización, que contiene todos los comandos necesarios para configurar la movilidad y perfecta comunicación entre distintas bandas de la misma tecnología (4G) y con tecnologías diferentes (3G).

Para poder explicar la definición de parámetros usados en el diseño radio de los diferentes emplazamientos, el diseño se centra en un nodo de Castellón (CS17C).

En primer lugar, se define el comando EutranInterNFreq para establecer vecindad con las frecuencias vecinas existentes. Los parámetros que se concretan son el CellID de las diferentes celdas que contiene el nodo que son las celdas de las bandas del L800 y L1800 con la frecuencia central de las celdas del L2100 para los tres sectores que contiene el nodo. (Figura 34):

```
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=7,DLEARFCN=401
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=8,DLEARFCN=401
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=9,DLEARFCN=401
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=1,DLEARFCN=401
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=2,DLEARFCN=401
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=3,DLEARFCN=401
```

Figura 34. Parametrización del comando EutranInterNFreq (Parte 1).

Seguidamente se define la prioridad de reelección de celda para la banda de 2100 MHz en LTE, que como se ha indicado en las reglas de ingeniería, el valor es 5. Además, para las nuevas celdas integradas se debe establecer la vecindad bidireccional con la frecuencia de las celdas preexistentes. Por ello, se realiza la vecindad con la frecuencia central 6300 para la banda L800 y la frecuencia 1501 para la banda L1800.

```
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=19,DLEARFCN=6300
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=20,DLEARFCN=6300
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=21,DLEARFCN=6300
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=19,DLEARFCN=3250
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=20,DLEARFCN=3250
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=21,DLEARFCN=3250
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=19,DLEARFCN=1501
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=20,DLEARFCN=1501
ADD EUTRANINTERNFREQ:LOCALCELLID=21,DLEARFCN=1501
```

Figura 35. Parametrización del comando EutranInterNFreq (Parte 2).

A continuación, se realiza la vecindad entre las celdas existentes en el nodo local y las nuevas celdas integradas con el comando EutranInterFreqNCell. Para ello es importante asignar correctamente la prioridad de salto de handover entre celdas ya que debe adoptar el valor 32 para celdas cosector, y 0 para las celdas cosite. En la siguiente figura se observa la definición de dicha vecindad local desde las celdas preexistentes hacia las nuevas celdas (el proceso se realiza bidireccionalmente):

```
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=7,CELLID=19,BLINDHOPRIORITY =32,LOCALCELLNAME="CS17CJ1",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM1"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=7,CELLID=20,BLINDHOPRIORITY =0,LOCALCELLNAME="CS17CJ1",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM2"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=7,CELLID=21,BLINDHOPRIORITY =0,LOCALCELLNAME="CS17CJ1",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM3"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=8,CELLID=19,BLINDHOPRIORITY =0,LOCALCELLNAME="CS17CJ2",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM1"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=8,CELLID=20,BLINDHOPRIORITY =32,LOCALCELLNAME="CS17CJ2",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM2"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=8,CELLID=21,BLINDHOPRIORITY =0,LOCALCELLNAME="CS17CJ2",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM3"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=9,CELLID=19,BLINDHOPRIORITY =0,LOCALCELLNAME="CS17CJ3",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM1"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=9,CELLID=20,BLINDHOPRIORITY =0,LOCALCELLNAME="CS17CJ3",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM2"
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=9,CELLID=21,BLINDHOPRIORITY =32,LOCALCELLNAME="CS17CJ3",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CM3"
```

Figura 36. Parametrización del comando EutranInterFreqNCell (Parte 1).

En cuanto a las vecindades 4G – 3G primero se definen las frecuencias 3G en las nuevas celdas dependiendo de si se encuentra colocalizadas en el nodo local o no. El comando para establecer la movilidad 4G – 3G es el UtranNFreq. Las frecuencias que se definen son la U900 y U2100. Como se ha explicado anteriormente, las prioridades de paquetes, de datos o de reelección de celdas dependen de las frecuencias que se encuentren colocalizadas. En este caso, al existir colocalizadas tanto las celdas del U900 como las del U2100 las prioridades son las siguientes:



- **Prioridad de reelección de celdas:** 2 para celdas U900 (menor prioridad) y 1 para U2100 (mayor prioridad).
- **Prioridad de conmutación de paquetes (PS):** 2 para las celdas U2100 y 8 para las celdas U900 (tiene mayor prioridad en la banda de 2100 MHz).
- **Prioridad de conmutación de circuitos (CS):** 2 para las celdas U2100 y 8 para las celdas U900 (tiene mayor prioridad en la banda de 2100 MHz).

```
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=19,UTRANLDFCN=10713,CELLRESELPRIORITY=2,PSPRIORITY=Priority_2,CSPRIORITY=Priority_2
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=19,UTRANLDFCN=3062,CELLRESELPRIORITY=1,PSPRIORITY=Priority_8,CSPRIORITY=Priority_8
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=20,UTRANLDFCN=10713,CELLRESELPRIORITY=2,PSPRIORITY=Priority_2,CSPRIORITY=Priority_2
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=20,UTRANLDFCN=3062,CELLRESELPRIORITY=1,PSPRIORITY=Priority_8,CSPRIORITY=Priority_8
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=21,UTRANLDFCN=10713,CELLRESELPRIORITY=2,PSPRIORITY=Priority_2,CSPRIORITY=Priority_2
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=21,UTRANLDFCN=3062,CELLRESELPRIORITY=1,PSPRIORITY=Priority_8,CSPRIORITY=Priority_8
```

Figura 37. Parametrización del comando UtranNFreq.

En lo referido a las celdas vecinas 4G – 3G, en el comando UtranNCell, añadimos los parámetros en los que se debe destacar la RNC a la que pertenecen las celdas (RNC333) y el nombre de las celdas del nodo local (Figura 38):

```
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=19,RNCID=333,CELLID=49920,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM1",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU1";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=19,RNCID=333,CELLID=49921,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM1",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU2";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=19,RNCID=333,CELLID=49922,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM1",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU3";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=20,RNCID=333,CELLID=49920,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM2",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU1";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=20,RNCID=333,CELLID=49921,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM2",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU2";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=20,RNCID=333,CELLID=49922,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM2",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU3";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=21,RNCID=333,CELLID=49920,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM3",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU1";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=21,RNCID=333,CELLID=49921,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM3",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU2";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=21,RNCID=333,CELLID=49922,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM3",NEIGHBOURCELLNAME="CS17CU3";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=19,RNCID=333,CELLID=15711,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM1",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS1_01";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=19,RNCID=333,CELLID=15712,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM1",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS2_02";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=19,RNCID=333,CELLID=15713,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM1",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS3_03";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=20,RNCID=333,CELLID=15711,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM2",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS1_01";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=20,RNCID=333,CELLID=15712,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM2",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS2_02";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=20,RNCID=333,CELLID=15713,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM2",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS3_03";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=21,RNCID=333,CELLID=15711,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM3",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS1_01";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=21,RNCID=333,CELLID=15712,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM3",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS2_02";
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=21,RNCID=333,CELLID=15713,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="CS17CM3",NEIGHBOURCELLNAME="4009CS3_03";
```

Figura 38. Parametrización del comando UtranNCell.

Seguidamente en el Carrier Aggregation se configura la nueva frecuencia como primaria (401), y después se asignan como secundarias el resto de frecuencias existentes en el nodo (1501, 6300). En la siguiente figura se muestra el código de configuración del CA junto a la relación entre celdas:

```
ADD PCCFREQCFG:PCCDLEARFCN=401;
ADD SCCFREQCFG:PCCDLEARFCN=1501,SCCDLEARFCN=401,SCCPRIORITY=4;
ADD SCCFREQCFG:PCCDLEARFCN=401,SCCDLEARFCN=1501,SCCPRIORITY=6;
ADD SCCFREQCFG:PCCDLEARFCN=401,SCCDLEARFCN=6300,SCCPRIORITY=3;
ADD SCCFREQCFG:PCCDLEARFCN=6300,SCCDLEARFCN=401,SCCPRIORITY=4;
```

Figura 39. Parametrización del Carrier Aggregation (Parte 1).

```
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=19,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=1,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=6;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=20,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=2,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=6;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=21,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=3,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=6;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=19,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=7,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=3;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=20,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=8,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=3;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=21,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=9,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=3;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=1,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=19,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=4;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=2,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=20,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=4;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=3,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=21,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=4;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=1,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=7,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=3;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=2,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=8,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=3;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=3,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=9,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=3;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=7,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=19,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=4;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=8,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=20,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=4;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=9,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=21,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=4;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=3,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=1,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=6;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=8,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=2,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=6;
ADD CAGROUPSCCELLCFG:LOCALCELLID=9,SCELLENODEBID=121703,SCELLLOCALCELLID=3,SCELLBLINDCFGFLAG=TRUE,SCELLPRIORITY=6;
```

Figura 40. Parametrización del Carrier Aggregation (Parte 2).

Mediante estos comandos quedan reflejados los parámetros de configuración más importantes para establecer la movilidad tanto 4G – 4G como 4G – 3G.

#### 4.6 Revisión y corrección de logs de carga

Una vez enviados los datos necesarios para realizar la ampliación de LTE2100 en los diferentes nodos, el departamento de O&M se encarga de facilitar al departamento de ingeniería de red los logs de las distintas cargas para así poder comprobar que todos los comandos que se han enviado han sido cargados en red correctamente. Si algún comando no se ha cargado correctamente, se revisa y modifica de manera que, finalmente, todos los comandos hayan sido cargados de manera satisfactoria.

#### 4.7 Análisis y reporte de KPIs

Cuando el departamento de operaciones indica que la nueva portadora de LTE se encuentra activa y en servicio, se realiza un análisis y reporte de los KPIs para comprobar el correcto funcionamiento del sistema en la red móvil. En los siguientes apartados, se muestran los KPIs de las tecnologías afectadas en la nueva integración (3G y 4G), obtenidos y analizados de uno de los más de cien nodos en los que se ha realizado la ampliación de LTE2100. De esta manera, se muestra el estudio del antes y el después, para ver claramente cuáles han sido las consecuencias de la realización del proyecto en la red. El site se encuentra en Valencia y preexisten las siguientes tecnologías: GU900+U2100+L800. En las gráficas de los KPIs, se observa en la leyenda cada una de las celdas de las distintas tecnologías, en el eje horizontal el tiempo de análisis del reporte y en el eje vertical el valor de la medida.

##### 4.7.1 Reporte anterior a la nueva ampliación LTE

Lo primero de todo se analiza el comportamiento preexistente del LTE en el nodo de Valencia en el que se realiza la ampliación para poder ver su desarrollo y evolución tras la nueva integración.

La accesibilidad de la banda de 800 MHz de LTE es prácticamente perfecta, ya que el ratio de éxito estaba en torno al 100%, por lo que las fases tanto eRRC como eRAB para inicializar la llamada correctamente, se han completado de manera satisfactoria. Así pues, no se producía casi ningún bloqueo ni caída en la llamada ni en la descarga de datos tanto FTP como HTTP.

En segundo lugar, se analiza el comportamiento preexistente del LTE en el nodo de Valencia en el que se realiza la ampliación para poder ver su desarrollo y evolución tras la nueva integración.

La accesibilidad de la banda de 800 MHz de LTE es prácticamente perfecta, ya que tanto el ratio del proceso eRAB como el eRRC son satisfactorios en todo momento. Por este motivo en el eje vertical se puede observar un valor medio de alrededor del 99% del ratio de éxito. Así pues, se puede destacar que, antes de la integración, la inicialización de llamada y mantenimiento del establecimiento de esta se realizaba correctamente.

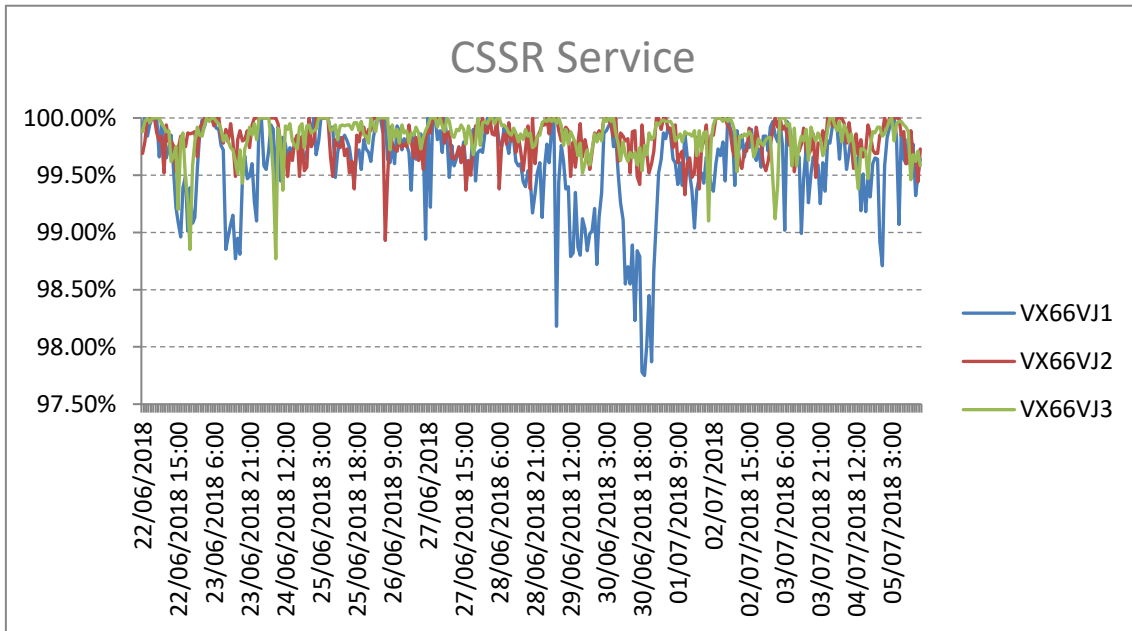


Figura 41. Análisis tras la nueva integración de la accesibilidad CSSR.

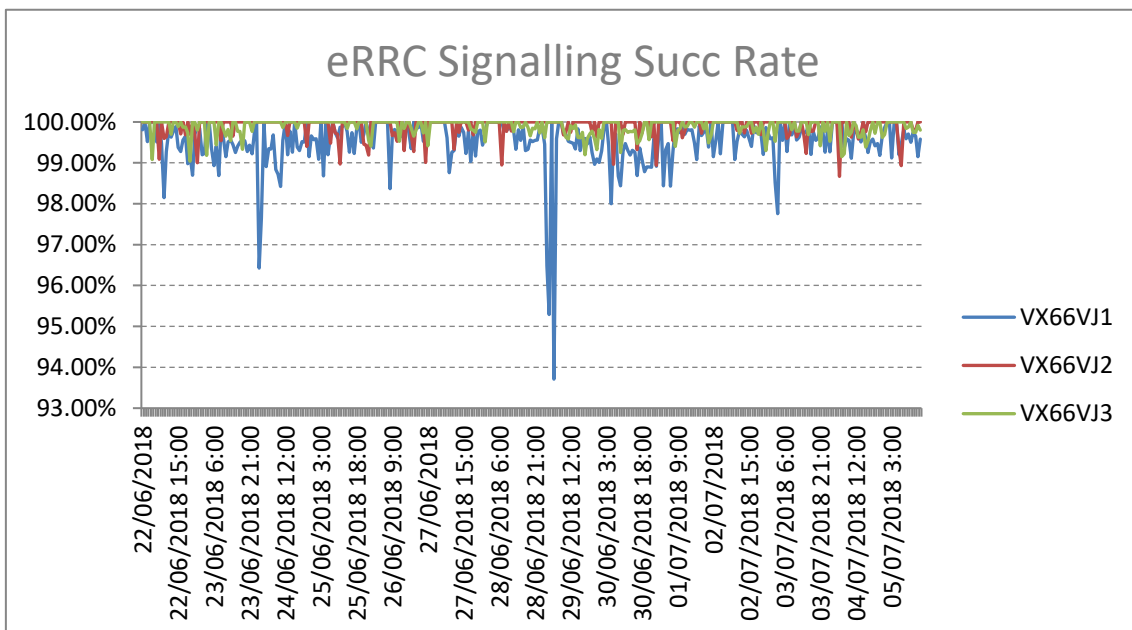


Figura 42. Análisis tras la nueva integración de la accesibilidad eRRC.

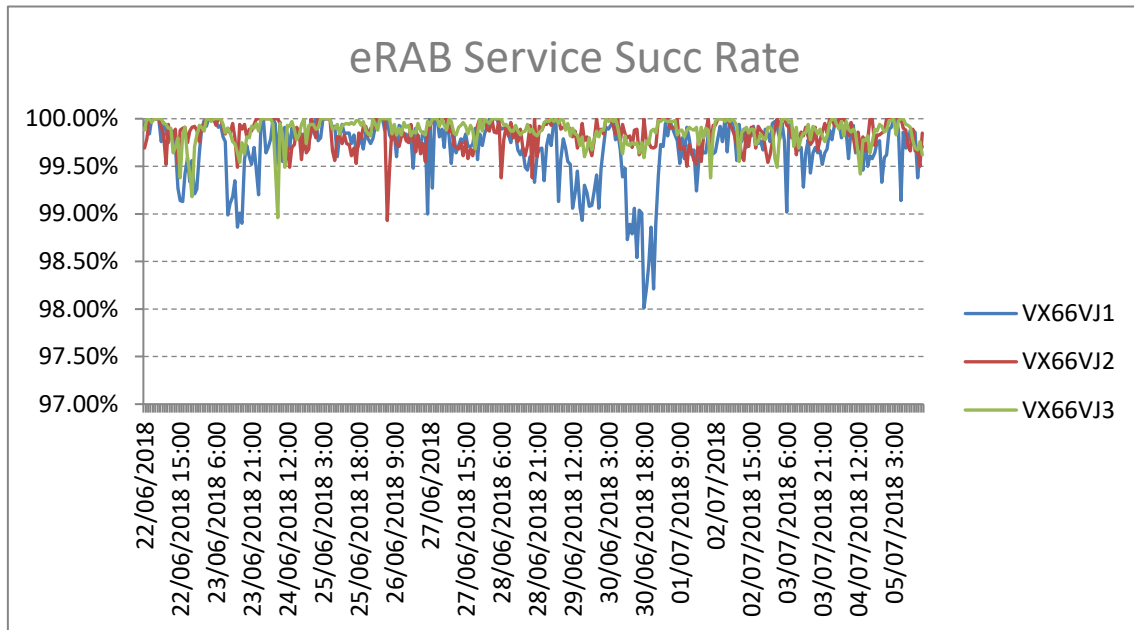


Figura 43. Análisis tras la nueva integración de la accesibilidad eRAB.

A continuación, se estudia el tráfico que contienen las tres celdas del L800 en cuanto al número de usuarios que utilizan esta tecnología, y al throughput de bajada en Mbps. (Figuras 44 y 45):

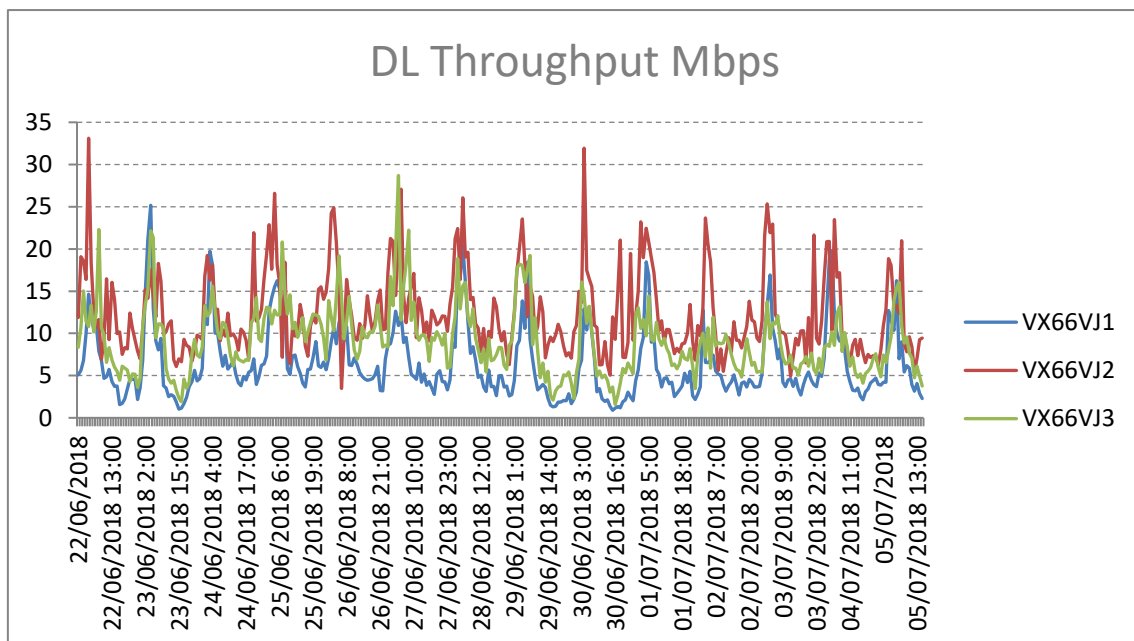


Figura 44. Análisis previo del throughput de bajada LTE.

La velocidad de bajada en las celdas LTE800 se encuentra alrededor de 10 – 15 Mbps, obteniendo en las celdas del segundo y tercer sector picos de valores hasta 25 Mbps. En resumen, antes de la nueva ampliación de banda LTE, el throughput de downlink medio es de 10 Mbps.

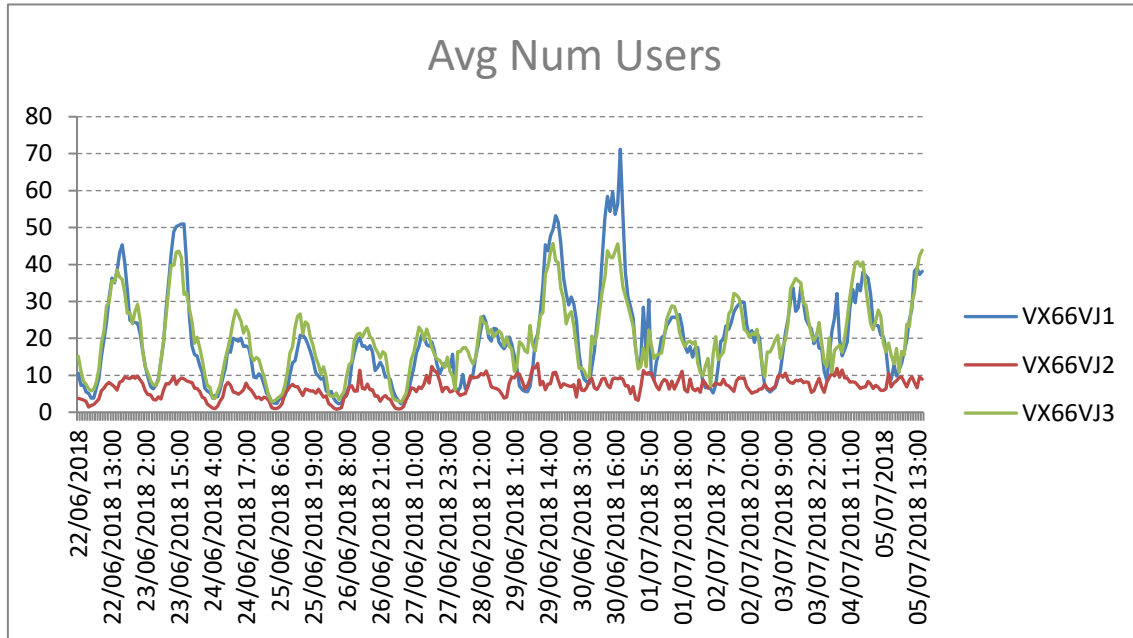


Figura 45. Análisis previo del volumen de usuarios LTE.

El volumen de usuarios que contienen estas celdas L800 en los sectores 1 y 3 son muy similares tomando valores máximos de hasta 70 usuarios en momentos puntuales. En las celdas del sector 2 los valores no pasan de 10 usuarios en ninguno de los días en los que se ha realizado el reporte.

El carrier aggregation no existe debido a que solamente se tenía una banda LTE. En el análisis de los KPIs tras la nueva integración se demuestra que el CA se realiza entre las dos bandas implementadas (L800 y L2100).

#### 4.7.2 *Reporte tras la nueva integración*

Una vez realizada la nueva integración y puestas en servicio de las nuevas celdas implementadas en el LTE, se obtiene el reporte de KPIs post-integración de los primeros días tras el encendido, y pasada una semana de dicho momento. Para poder ver la mejora prometida de la capacidad de la red, se estudia primeramente la accesibilidad de la red a la hora de inicializar tanto llamadas de voz, como descarga de datos. Primero se va a mostrar el comportamiento de los primeros dos días tras la puesta On Air, de las celdas L2100 solamente. En la figura 46, se observa el ratio de inicialización de llamadas CSSR (Call Setup Success Rate):

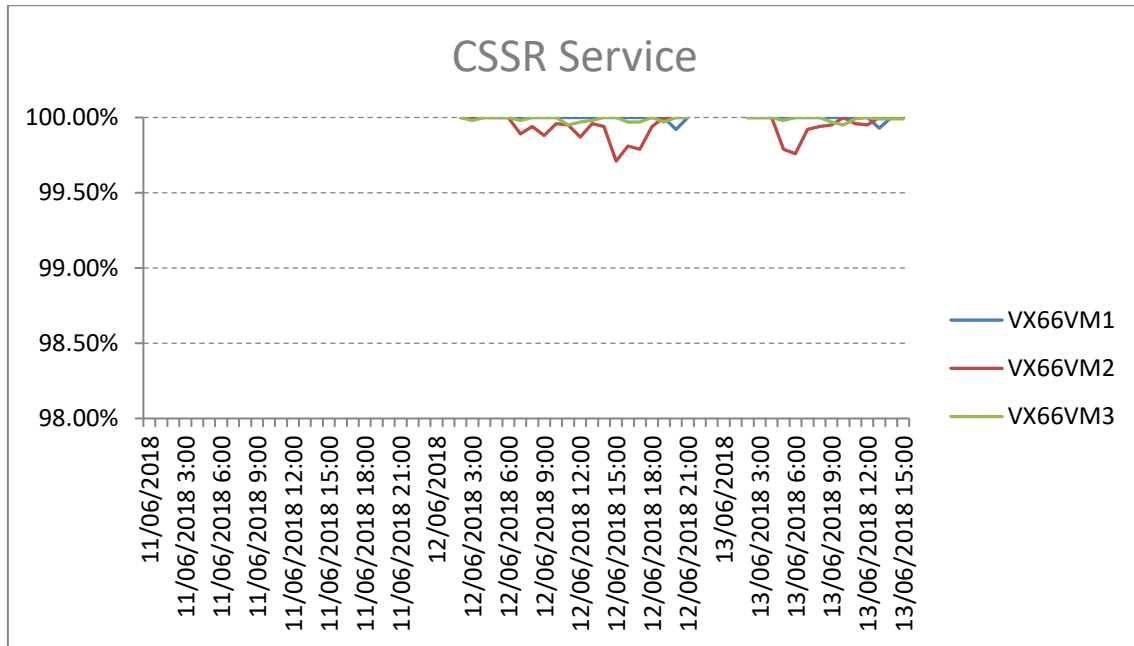


Figura 46. Análisis tras la nueva integración de la accesibilidad CSSR (L2100).

Como se puede observar, el estudio de accesibilidad para las nuevas celdas L2100 implementadas, es satisfactorio ya que el ratio de inicialización de llamadas no es inferior al 99.5% en los dos primeros días de funcionamiento. Por lo tanto, no se producen prácticamente ninguna caída ni bloqueo de voz ni de datos.

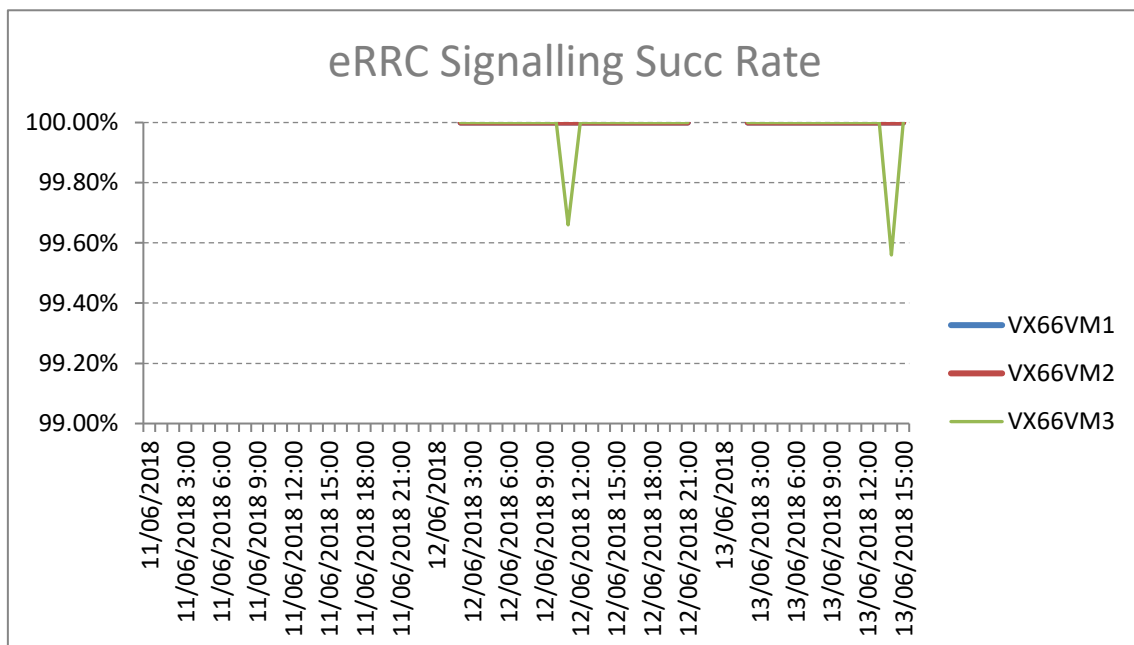


Figura 47. Análisis tras la nueva integración de la accesibilidad fase eRRC (L2100).

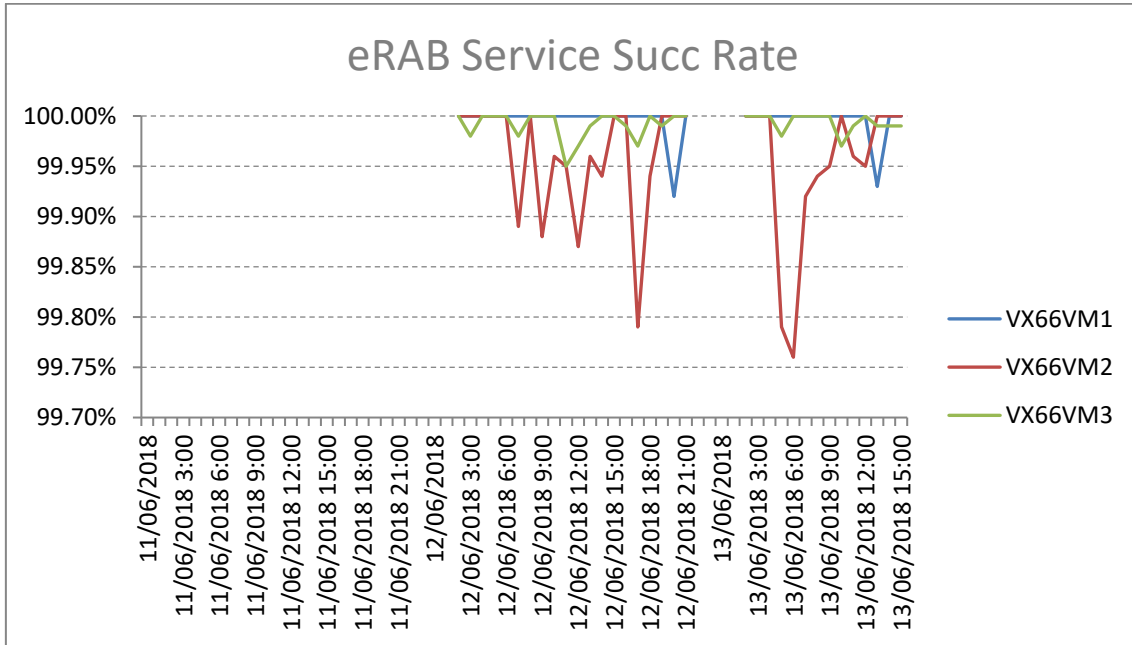


Figura 48. Análisis tras la nueva integración de la accesibilidad fase eRAB (L2100).

El estudio del throughput es muy satisfactorio ya que se observa que la velocidad de bajada de datos de las celdas LTE2100 ha aumentado notablemente, obteniendo alrededor de 40 Mbps. (Figura 49):

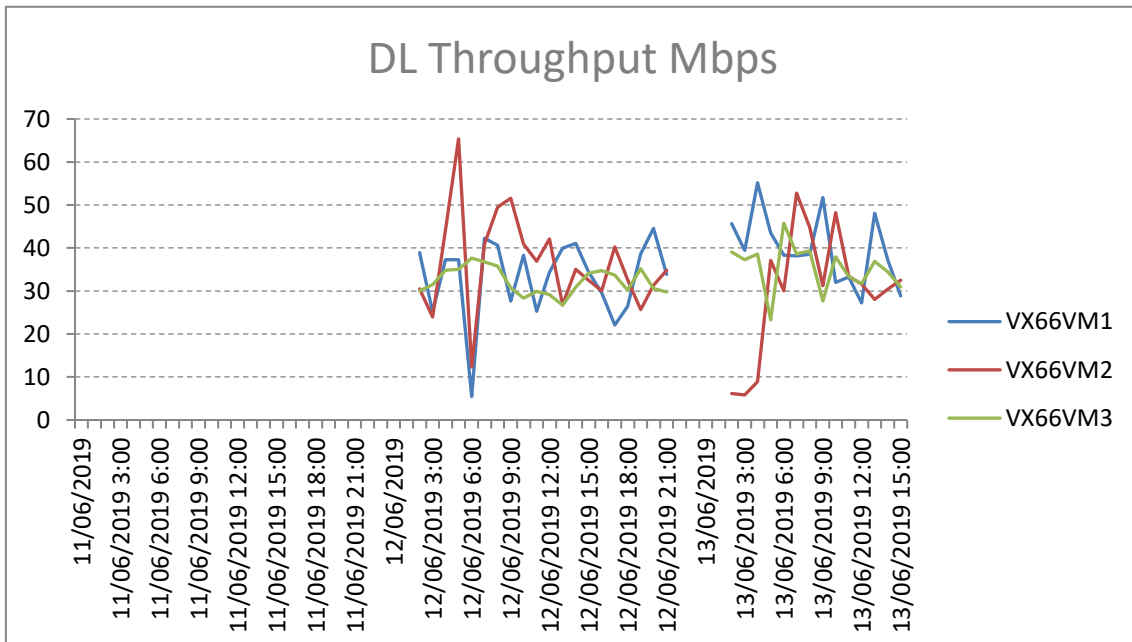


Figura 49. Análisis tras la nueva integración del throughput de bajada (L2100).

En cuanto al carrier aggregation, se ve que ya está activo entre las dos bandas LTE existentes (L800+L2100). Gracias a esta configuración el throughput de los usuarios aumenta ligeramente.

Conforme aumentan las frecuencias asignadas en el mismo tiempo a un usuario, aumenta la tasa de datos de la celdas, debido a la mejora de uso de recursos.

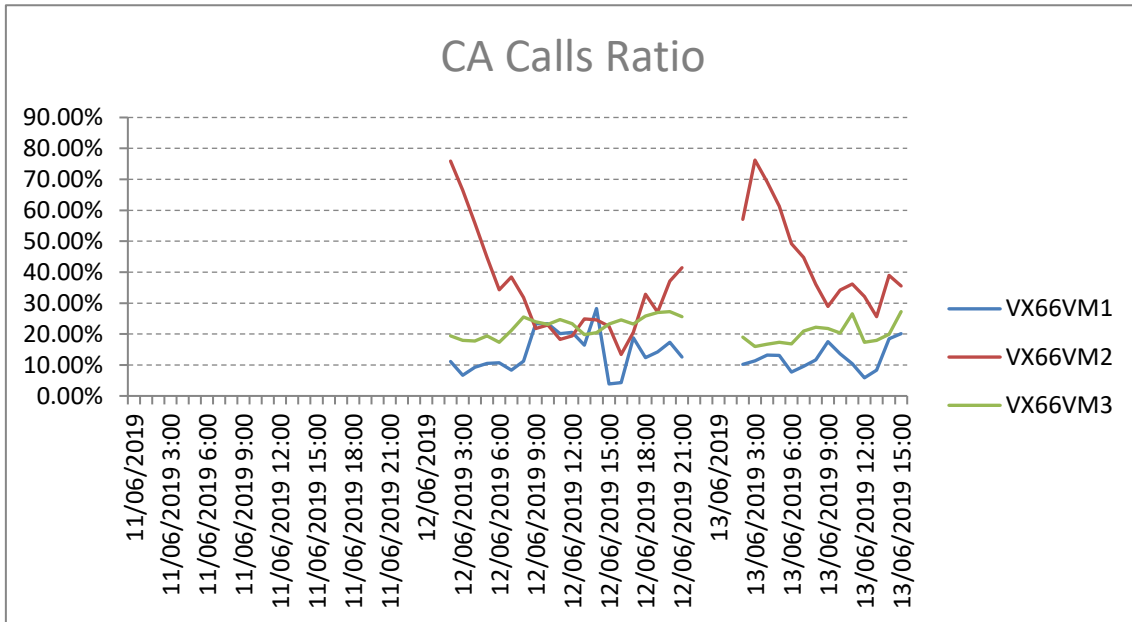


Figura 50. Análisis tras la nueva integración del carrier aggregation (L800+L2100).

Una vez pasada una semana tras la puesta en servicio de las celdas de la nueva integración, se obtiene otro reporte para así, confirmar el correcto funcionamiento y la mejora del nuevo servicio ofrecido a los usuarios.

A continuación, se analiza la accesibilidad de la red CSSR de las celdas del L800 y L2100 para observar que las diferentes fases de inicialización de llamada siguen cursando de manera eficaz y eficiente para ambas portadoras LTE (Figuras 51):

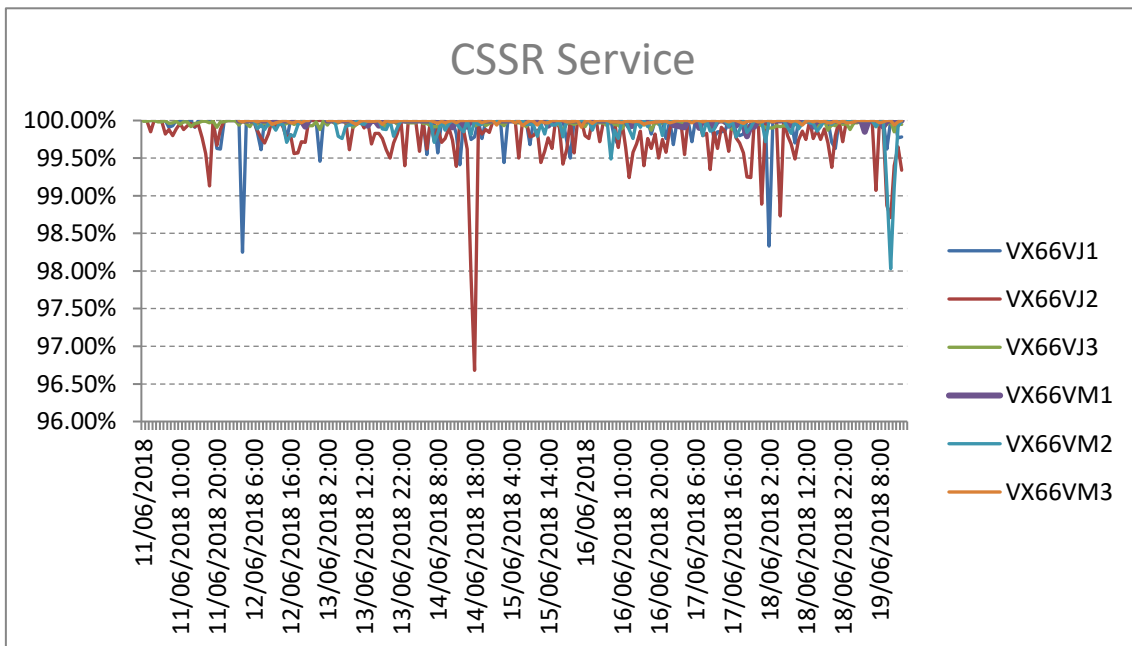


Figura 51. Análisis pasada una semana de la POA (CSSR L800+L2100).



La accesibilidad sigue siendo muy buena pasada una semana de la puesta en servicio del L2100 en el nodo de Valencia. Comparada con la accesibilidad del L800, se puede comprobar que el ratio es más exitoso debido a que no existen bloqueos en la fase eRRC ni en la eRAB (Figuras 52 y 53):

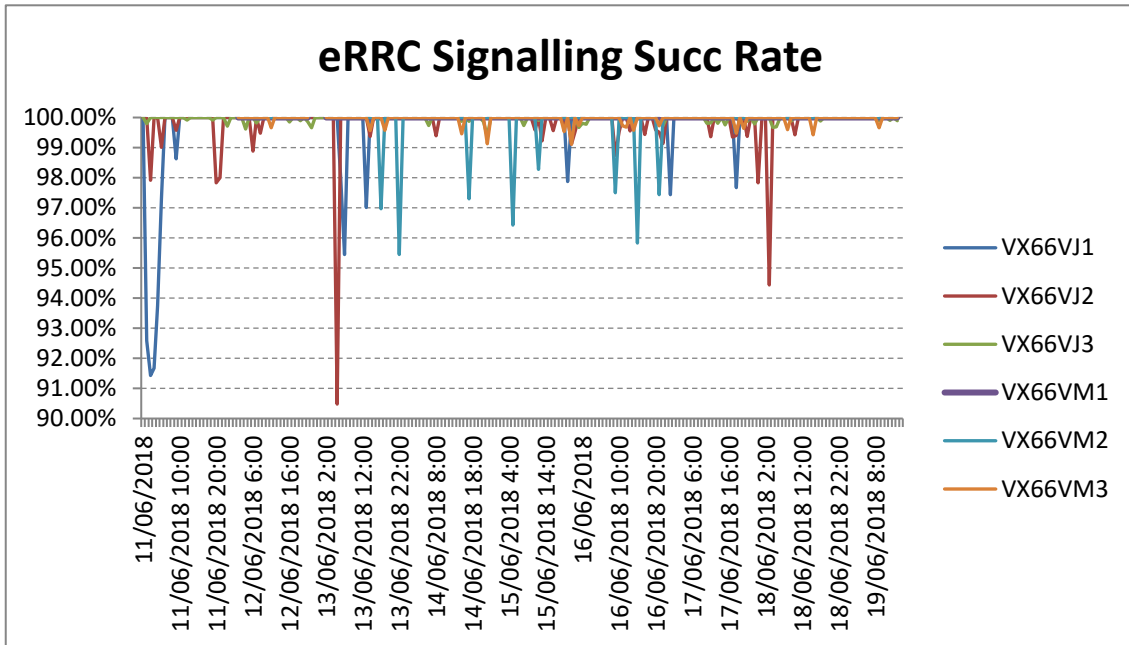


Figura 52. Análisis pasada una semana de la POA (eRRC L800+L2100).

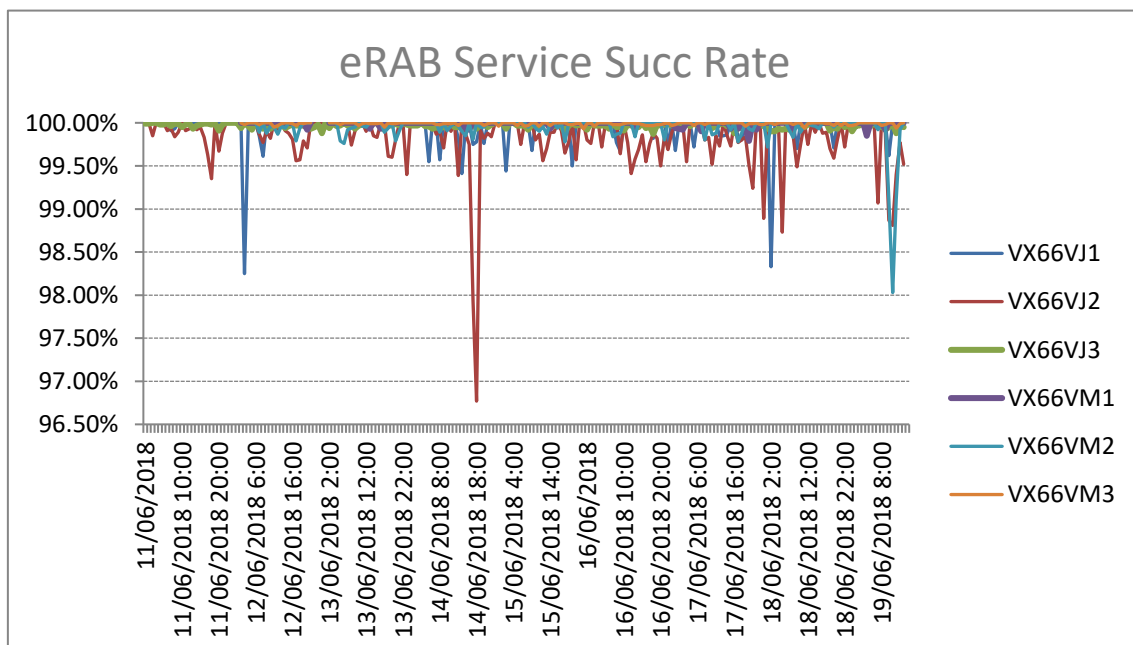


Figura 53. Análisis pasada una semana de la POA (eRAB L800+L2100).

En cuanto a uno de los más importantes objetivos del proyecto, puede afirmarse que se ha cumplido con éxito, ya que el throughput de bajada de la banda de 2100 MHz es el doble que el

de la banda de L800, mejorando así la capacidad de la red obteniendo alrededor de 40 Mbps (Figura 54):

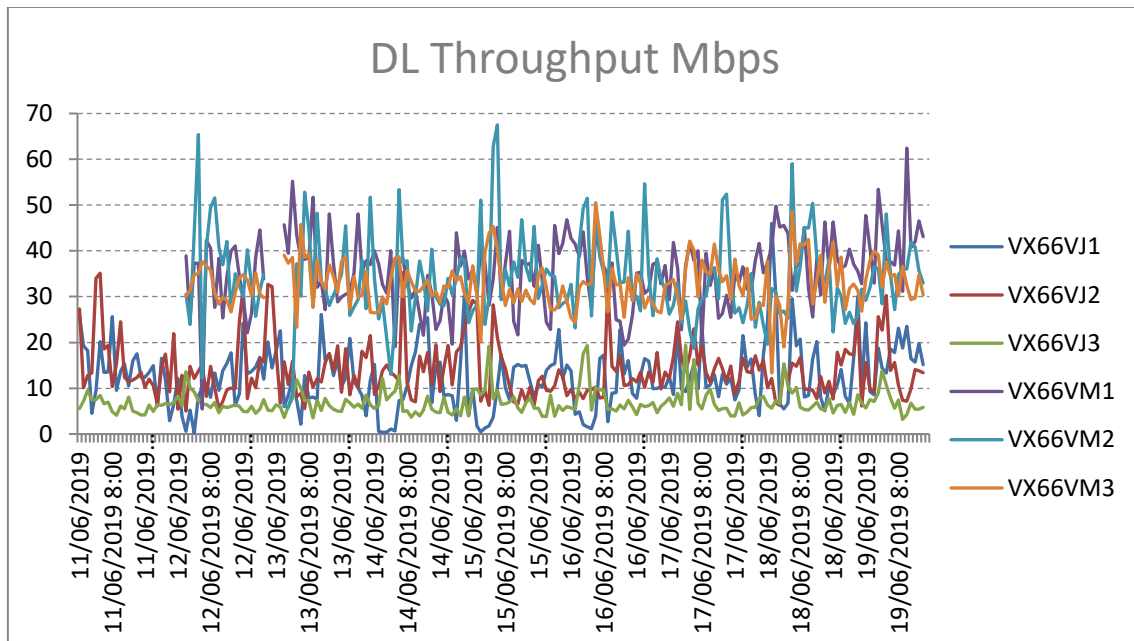


Figura 54. Análisis pasada una semana de la POA (Throughput de bajada (L800+L2100)).

El carrier aggregation sigue funcionando correctamente, mostrándose el tanto por cien del ratio de uso de ambas bandas LTE al mismo tiempo:

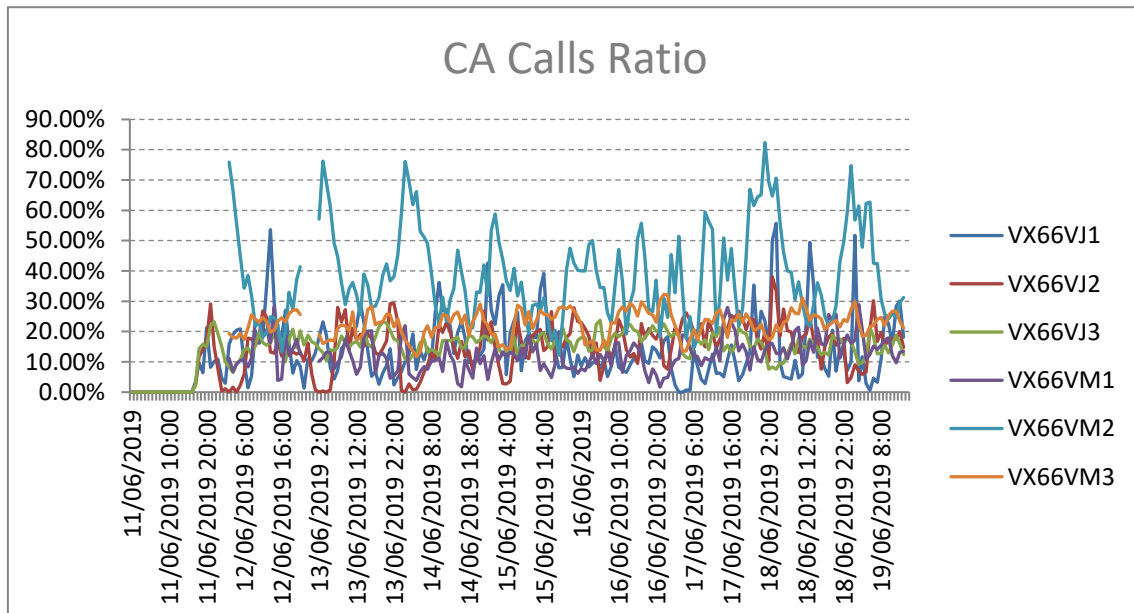


Figura 55. Análisis pasada una semana de la POA (Carrier Aggregation (L800+L2100)).



Para finalizar con los resultados obtenidos del desarrollo realizado en el proyecto, cabe destacar que los objetivos se han cumplido correctamente en todo los nodos en los que se ha realizado la ampliación en la zona Levante, al igual que se ha indicado en el nodo VX66V de Valencia, el cual hemos puesto como ejemplo para ver el análisis y reporte de KPIs.

## Capítulo 5. Conclusión y futuras innovaciones tecnológicas

Para finalizar el proyecto se van a exponer las principales conclusiones obtenidas tras realizar el diseño y optimización de una ampliación de LTE en la banda de 2100 MHz, reemplazando la segunda y tercera portadora de la tecnología UMTS2100, obteniendo así 5 MHz del espectro radioeléctrico por cada una de las portadoras 3G. Gracias a la nueva integración 4G implementada en la zona levante de la Península, se ha conseguido mejorar tanto el throughput como la capacidad de la red, optimizando el servicio de telefonía móvil proporcionado a los usuarios. Además, se ha conseguido adaptar económicamente el proyecto gracias al estudio hardware realizado para reutilizar todos los elementos posibles de la arquitectura de red que compone el sistema de comunicaciones móviles. Aun así, se han tenido que sustituir diversas tarjetas de transmisión que componen la unidad radio de la estación base para adaptar el emplazamiento al nuevo servicio proporcionado.

Por consiguiente, para cumplir con la normativa vigente del Real Decreto [7] que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, las restricciones de las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a estas emisiones, se ha desarrollado un proyecto radioeléctrico donde se han calculado entre otras cosas los volúmenes de exclusión que deben cumplir las antenas, la potencia máxima a la que deben radiar según qué tipo de zonas se expongan a los niveles de radiación y la mimetización necesaria para cumplir con las leyes presentes.

En lo referido al diseño radio de los ficheros necesarios para realizar la integración de las nuevas celdas LTE a la red, cabe destacar que ha sido una experiencia muy grata ya que gracias al estudio de cada uno de los parámetros necesarios y de todas las fases de implementación que llevan a cabo estos trabajos, he aprendido muchísimo sobre el mundo de las telecomunicaciones que es en el que quiero ir desarrollándome y captando todos los conceptos posibles, para así desarrollar a la perfección mi trabajo tanto en el presente como en un futuro. Tanto a la hora de planificar las diferentes fases de las que consta el proyecto, como a la hora de desarrollarlos y finalizarlos, he aprendido a saber trabajar en equipo, ya que estos trabajos no se pueden llevar a cabo sin hacerlo con los diferentes departamentos de los que consta la empresa. Además, he podido demostrar todas las capacidades y habilidades que nos han ofrecido tanto en el grado como en el máster de nuestra escuela de telecomunicaciones, ya que, a la hora de resolver cualquier tipo de problema, nunca ha existido ningún inconveniente para superarlo y poder así terminarlo de manera totalmente satisfactoria.

Para finalizar, he de destacar que gracias al estudio de los sistemas de comunicaciones móviles y de los servicios que pueden ofrecerse en un futuro, y sobre todo, gracias a la evolución tanto de las aplicaciones que pueden desarrollarse en la red, como de los nuevos sistemas tecnológicos que pueden admitir los nuevos servicios, se va a poder visualizar en un futuro no muy lejano aplicaciones y herramientas que nos facilite la vida de manera exponencial a la sociedad gracias a la evolución de la red. Todas estas mejoras nos van a llevar a la implementación de un nuevo estándar denominado 5G, con una menor latencia y por lo tanto, un mayor throughput.



## Capítulo 6. Bibliografía

- [1] Iniciativa Fiscal, “Repercusión a los usuarios de la nueva ley general de telecomunicaciones”, <https://iniciativafiscal.com/como-afecta-a-los-usuarios-la-nueva-ley-general-de-telecomunicaciones>. [Online].
- [2] Redes móviles 2G-3G y 4G, “Mobile Network Overview 2G, 3G and 4G LTE”, <https://es.slideshare.net/HamidrezaBolhasani/mobile-networks-overview-2g-3g-4glte>. [Online]
- [3] Redes LTE, “Planificación automática de parámetros en redes LTE mediante teoría de grafos”, <http://www.ic.uma.es/repository/fileDownloader?rfname=69d1f049-1af1-4dbc-b9a1-209a04dcf61b.pdf>. [Online].
- [4] Diseño radio LTE, “Diseño de un nuevo nodo Vodafone”, <http://hdl.handle.net/10251/109472>. [Online]
- [5] Legislación consolidada de medidas urgente de liberalización del comercio y determinados servicios, “BOE, Ley 12/2012”, <https://www.boe.es/eli/es/l/2012/12/26/12/con>. [Online]
- [6] Ley General de Telecomunicaciones, “BOE, Ley 9/2014, de 9 de mayo, de Telecomunicaciones”, <https://www.boe.es/eli/es/l/2014/05/09/9/con>. [Online]
- [7] Reglamento de condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, “BOE, Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre”, <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-18256> [Online].
- [8] Evidencia espectral entre distintas tecnologías, “Evaluación comparative de redes móviles”, [http://oa.upm.es/49728/1/PFC\\_JESUS\\_JIMENEZ\\_MOTILLA\\_JAIME\\_OCHOVO\\_PAVON.pdf#page=72&zoom=100,0,94](http://oa.upm.es/49728/1/PFC_JESUS_JIMENEZ_MOTILLA_JAIME_OCHOVO_PAVON.pdf#page=72&zoom=100,0,94) [Online].
- [9] Tasa de éxito eRAB en LTE “Optimización de KPIs: tasa de éxito de LTE eRAB” <https://ourtechplanet.com/lte-erab-success-rate/> [Online].



## Capítulo 7. Anexos

### • EXPORT VISION PREVIO (Cell Info)

Site ID	Node	Node Name	Vendor	Technology	Operator	Cell Name	Cell Identifier	Band	Carrier	Cell Status	DT Reason	Cell ID	Local Cell ID	eNodeB ID	MCC	MNC	LAC
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX1_01	0	2100	10713	Live	In Service	9813			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX1_04	1	2100	10763	Live	In Service	10485			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX1_07	2	2100	10738	Live	In Service	4021			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX2_02	3	2100	10713	Live	In Service	9814			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX2_05	4	2100	10763	Live	In Service	10486			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX2_08	5	2100	10738	Live	In Service	3989			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX3_03	6	2100	10713	Live	In Service	9815			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX3_06	7	2100	10763	Live	In Service	10487			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX3_09	8	2100	10738	Live	In Service	4153			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	AX17IU1	9	900	3062	Live	In Service	19949			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	AX17IU2	10	900	3062	Live	In Service	19951			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	AX17IU3	11	900	3062	Live	In Service	19952			214	1	39401
065660	AX17IG	AX17I	Huawei	2G	Vodafone Spain	AX17IG1	0	900		Live	In Service	30423			214	1	39401
065660	AX17IG	AX17I	Huawei	2G	Vodafone Spain	AX17IG2	1	900		Live	In Service	30424			214	1	39401
065660	AX17IG	AX17I	Huawei	2G	Vodafone Spain	AX17IG3	2	900		Live	In Service	30425			214	1	39401
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IK1	0	1800	1501	Live	In Service	1		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IK2	1	1800	1501	Live	In Service	2		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IK3	2	1800	1501	Live	In Service	3		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IL1	3	2600	3250	Live	In Service	4		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IL2	4	2600	3250	Live	In Service	5		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IL3	5	2600	3250	Live	In Service	6		31709	214	1	

### • EXPORT VISION POSTERIOR (Cell Info)

Site ID	Node	Node Name	Vendor	Technology	Operator	Cell Name	Cell Identifier	Band	Carrier	Cell Status	DT Reason	Cell ID	Local Cell ID	eNodeB ID	MCC	MNC	LAC
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX1_01	0	2100	10713	Live	In Service	9813			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX1_04	1	2100	10763	Live	In Service	10485			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX1_07	2	2100	10738	Live	In Service	4021			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX2_02	3	2100	10713	Live	In Service	9814			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX2_05	4	2100	10763	Live	In Service	10486			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX2_08	5	2100	10738	Live	In Service	3989			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX3_03	6	2100	10713	Live	In Service	9815			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX3_06	7	2100	10763	Live	In Service	10487			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	2136AX3_09	8	2100	10738	Live	In Service	4153			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	AX17IU1	9	900	3062	Live	In Service	19949			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	AX17IU2	10	900	3062	Live	In Service	19951			214	1	39401
065660	2136AX	AX17I	Huawei	3G	Vodafone Spain	AX17IU3	11	900	3062	Live	In Service	19952			214	1	39401
065660	AX17IG	AX17I	Huawei	2G	Vodafone Spain	AX17IG1	0	900		Live	In Service	30423			214	1	39401
065660	AX17IG	AX17I	Huawei	2G	Vodafone Spain	AX17IG2	1	900		Live	In Service	30424			214	1	39401
065660	AX17IG	AX17I	Huawei	2G	Vodafone Spain	AX17IG3	2	900		Live	In Service	30425			214	1	39401
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IK1	0	1800	1501	Live	In Service	1		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IK2	1	1800	1501	Live	In Service	2		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IK3	2	1800	1501	Live	In Service	3		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IL1	3	2600	3250	Live	In Service	4		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IL2	4	2600	3250	Live	In Service	5		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IL3	5	2600	3250	Live	In Service	6		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IM1	6	2100	401	Planned	Pre-Testing	19		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IM2	7	2100	401	Planned	Pre-Testing	20		31709	214	1	
065660	AX17IL	AX17I	Huawei	4G	Vodafone Spain	AX17IM3	8	2100	401	Planned	Pre-Testing	21		31709	214	1	



• DEFINICION DE CELDAS (LTE2100)

PARTE 1:

eNodeB	*eNodeB Name	*LocalCellID	*CellName	Sector	Equipment ID	*CellId	*TrackingAreaId	*TAC	*CnOperatorId	UICyclicPrefix	DIcyclicPrefix	*FrequencyBand	*DIEarfcn	*DIBandwidth	*UIBandwidth	*PCI
	AX17IL	19	AX17IM1	19	19	0		2862	0	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	401	CELL_BW_N50	CELL_BW_N50	440
	AX17IL	20	AX17IM2	20	20	0		2862	0	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	401	CELL_BW_N50	CELL_BW_N50	28
	AX17IL	21	AX17IM3	21	21	0		2862	0	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	401	CELL_BW_N50	CELL_BW_N50	29

PARTE 2:

*RootSequenceldx	PreambleFmt	CellRadius	Threshold for non-intra frequency measurements(2dB)	Serving frequency lower priority threshold(2dB)	*Cell transmission and reception mode	*Cell Template
132	0	15000	17	3	2T2R	CELL_FDD_2100_10M_2x20
572	0	15000	17	3	2T2R	CELL_FDD_2100_10M_2x20
110	0	15000	17	3	2T2R	CELL_FDD_2100_10M_2x20

• COMANDOS PARAMETRIZACIÓN (LTE2100 – AX17I)

```
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=1,DLEARFCN=401,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=5,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW50,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=2,DLEARFCN=401,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=5,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW50,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=3,DLEARFCN=401,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=5,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW50,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=4,DLEARFCN=401,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=5,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW50,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=5,DLEARFCN=401,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=5,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW50,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=6,DLEARFCN=401,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=5,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW50,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=19,DLEARFCN=3250,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=7,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW100,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=7,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=20,DLEARFCN=3250,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=7,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW100,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=7,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=21,DLEARFCN=3250,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=7,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW100,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=7,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=19,DLEARFCN=1501,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=6,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW100,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=20,DLEARFCN=1501,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=6,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW100,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4,
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=21,DLEARFCN=1501,ULEARFCNCFGIND=NOT_CFG,CELLRESELPRIORITYCFGIND=CFG,CELLRESELPRIORITY=6,EUTRANRESELTIME=2,SPEEDDEPENDSPCFGIND=NOT_CFG,MEASBANDWIDTH=MBW100,QOFFSETFREQ=480,THRESHXHIGH=4
```

```
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=1,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=19,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IK1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM1",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=1,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=20,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IK1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=1,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=21,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IK1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM3";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=2,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=19,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IK2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM1";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=2,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=20,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IK2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM2",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=2,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=21,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IK2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM3";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=3,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=19,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IK3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM1";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=3,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=20,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IK3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=3,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=21,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IK3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM3",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=4,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=19,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM1",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=4,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=20,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=4,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=21,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM3";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=5,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=19,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM1";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=5,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=20,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IL2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM2",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=5,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=21,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM3";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=6,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=19,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM1";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=6,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=20,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IL3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=6,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=21,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IL3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IM3",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=19,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=4,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IM1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL1",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=19,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=5,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=19,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=6,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL3";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=20,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=4,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL1";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=20,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=5,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IM2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL2",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=20,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=6,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM2",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL3";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=21,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=4,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL1";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=21,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=5,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=21,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=6,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IM3",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IL3",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=19,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=1,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=32,LOCALCELLNAME="AX17IM1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IK1",OVERLAPIND=YES;
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=19,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=2,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IK2";
ADD EUTRANINTERFREQCELL:LOCALCELLID=19,MCC="214",MNC="01",ENODEBID=31709,CELLID=3,NORMVFLAG=FORBID_RMV_ENUM,BLINDHOPRIORITY=0,LOCALCELLNAME="AX17IM1",NEIGHBOURCELLNAME="AX17IK3";
```







```

MOD ENODEBALGOSWITCH:CAALGOSWITCH=SecModA6Switch-1;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=1, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=2, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=3, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LocalCellId=19, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LocalCellId=20, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LocalCellId=21, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=4, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=5, SccCfInterval=30;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=6, SccCfInterval=30;
MOD ENODEBALGOSWITCH:CAALGOSWITCH=HoWithSecCfSwitch-1;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=1,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=2,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=3,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LocalCellId=19,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LocalCellId=20,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LocalCellId=21,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=4,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=5,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CAMGTFCG:LOCALCELLID=6,CELLCAALGOSWITCH=CalnstantlyJudgeSwitch-1,ACTIVEBUFFERLENTHD=50,ACTIVEBUFFERDELAYTHD=10;
MOD CELLRESEL:LOCALCELLID=19,QHYST=DB4_Q_HYST,SNONINRASEARCHCFGIND=CFG,SNONINRASEARCH=3,THRSHSERVLOW=2,CELLRESELPRIORITY=5,QRXLEVMIN=-62,PMAXCFGIND=NOT_CFG,SINTRASEARCHCFGIND=CFG
MOD CELLRESEL:LOCALCELLID=20,QHYST=DB4_Q_HYST,SNONINRASEARCHCFGIND=CFG,SNONINRASEARCH=3,THRSHSERVLOW=2,CELLRESELPRIORITY=5,QRXLEVMIN=-62,PMAXCFGIND=NOT_CFG,SINTRASEARCHCFGIND=CFG
MOD CELLRESEL:LOCALCELLID=21,QHYST=DB4_Q_HYST,SNONINRASEARCHCFGIND=CFG,SNONINRASEARCH=3,THRSHSERVLOW=2,CELLRESELPRIORITY=5,QRXLEVMIN=-62,PMAXCFGIND=NOT_CFG,SINTRASEARCHCFGIND=CFG
MOD CELLSSEL:LOCALCELLID=19,QRXLEVMIN=-62,QRXLEVMINOFFSET=0,QUALMIN=-18,QUALMINOFFSETCFGIND=NOT_CFG;
MOD CELLSSEL:LOCALCELLID=20,QRXLEVMIN=-62,QRXLEVMINOFFSET=0,QUALMIN=-18,QUALMINOFFSETCFGIND=NOT_CFG;
MOD CELLSSEL:LOCALCELLID=21,QRXLEVMIN=-62,QRXLEVMINOFFSET=0,QUALMIN=-18,QUALMINOFFSETCFGIND=NOT_CFG;
MOD CELLALGOSWITCH:LOCALCELLID=19,UPLINKCOMPSSWITCH=UJointReceptionSwitch-1&UJointReceptionPhaseIIISwitch-0&UCompRollbackSwitch-0&UJointReception3CellSwitch-1;
MOD CELLALGOSWITCH:LOCALCELLID=20,UPLINKCOMPSSWITCH=UJointReceptionSwitch-1&UJointReceptionPhaseIIISwitch-0&UCompRollbackSwitch-0&UJointReception3CellSwitch-1;
MOD CELLALGOSWITCH:LOCALCELLID=21,UPLINKCOMPSSWITCH=UJointReceptionSwitch-1&UJointReceptionPhaseIIISwitch-0&UCompRollbackSwitch-0&UJointReception3CellSwitch-1;

```

### • COMANDOS ADECUACIONES (LTE2100 – AX17I)

```

----- RNC329 -----
ADD UCELLNFREQPRIOINFO: CELLID=19949,EARFCN=401,NPRIORITY=5,THDTHIGH=3,EMeasBW=D50,EQRXLEVMIN=-62;
ADD UCELLNFREQPRIOINFO: CELLID=19951,EARFCN=401,NPRIORITY=5,THDTHIGH=3,EMeasBW=D50,EQRXLEVMIN=-62;
ADD UCELLNFREQPRIOINFO: CELLID=19952,EARFCN=401,NPRIORITY=5,THDTHIGH=3,EMeasBW=D50,EQRXLEVMIN=-62;
ADD UCELLNFREQPRIOINFO: CELLID=9813,EARFCN=401,NPRIORITY=5,THDTHIGH=3,EMeasBW=D50,EQRXLEVMIN=-62;
ADD UCELLNFREQPRIOINFO: CELLID=9814,EARFCN=401,NPRIORITY=5,THDTHIGH=3,EMeasBW=D50,EQRXLEVMIN=-62;
ADD UCELLNFREQPRIOINFO: CELLID=9815,EARFCN=401,NPRIORITY=5,THDTHIGH=3,EMeasBW=D50,EQRXLEVMIN=-62;
ADD ULTENCELL: RNCid=329, CellId=19949, LTECellIndex=65006,BlindFlag=TRUE;
ADD ULTENCELL: RNCid=329, CellId=19951, LTECellIndex=65006,BlindFlag=TRUE;
ADD ULTENCELL: RNCid=329, CellId=19952, LTECellIndex=65006,BlindFlag=TRUE;
ADD ULTENCELL: RNCid=329, CellId=9813, LTECellIndex=65006,BlindFlag=TRUE;
ADD ULTENCELL: RNCid=329, CellId=9814, LTECellIndex=65006,BlindFlag=TRUE;
ADD ULTENCELL: RNCid=329, CellId=9815, LTECellIndex=65006,BlindFlag=TRUE;
MOD UCELLSIBSWITCH:CELLID=19949,SIBCFGBITMAP=SIB19-1;
MOD UCELLSIBSWITCH:CELLID=19951,SIBCFGBITMAP=SIB19-1;
MOD UCELLSIBSWITCH:CELLID=19952,SIBCFGBITMAP=SIB19-1;
MOD UCELLSIBSWITCH:CELLID=9813,SIBCFGBITMAP=SIB19-1;
MOD UCELLSIBSWITCH:CELLID=9814,SIBCFGBITMAP=SIB19-1;
MOD UCELLSIBSWITCH:CELLID=9815,SIBCFGBITMAP=SIB19-1;

```

```

----- BSC348 -----
SET GCELLHOBASIC:IDTYPE=BYNAME,CELLNAME="AX17IG1",LTECELLRESELEN=YES;
SET GCELLHOBASIC:IDTYPE=BYNAME,CELLNAME="AX17IG2",LTECELLRESELEN=YES;
SET GCELLHOBASIC:IDTYPE=BYNAME,CELLNAME="AX17IG3",LTECELLRESELEN=YES;
SET GCELLPRIETRANSYS:IDTYPE=BYNAME,CELLNAME="AX17IG1", GERANPRI=1,UTRANPRI=3,EUTRANPRI=6,THRUTRANHIGH=2,UTRANQRXLEVMIN=1,THREUTRANHIGH=0,EUTRANQRXLEVMIN=10;
SET GCELLPRIETRANSYS:IDTYPE=BYNAME,CELLNAME="AX17IG2", GERANPRI=1,UTRANPRI=3,EUTRANPRI=6,THRUTRANHIGH=2,UTRANQRXLEVMIN=1,THREUTRANHIGH=0,EUTRANQRXLEVMIN=10;
SET GCELLPRIETRANSYS:IDTYPE=BYNAME,CELLNAME="AX17IG3", GERANPRI=1,UTRANPRI=3,EUTRANPRI=6,THRUTRANHIGH=2,UTRANQRXLEVMIN=1,THREUTRANHIGH=0,EUTRANQRXLEVMIN=10;
ADD GLTENCELL:IDTYPE=BYNAME,SRCLTENCELLNAME="AX17IG1", NBRLTENCELLNAME="2100_401",SPTRESEL=SUPPORT;
ADD GLTENCELL:IDTYPE=BYNAME,SRCLTENCELLNAME="AX17IG2", NBRLTENCELLNAME="2100_401",SPTRESEL=SUPPORT;
ADD GLTENCELL:IDTYPE=BYNAME,SRCLTENCELLNAME="AX17IG3", NBRLTENCELLNAME="2100_401",SPTRESEL=SUPPORT;

```