



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Diseño radio orientado a la implementación de LNR700 y  
análisis de las degradaciones más comunes.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e  
Imagen

AUTOR/A: Casero Esteve, Celia

Tutor/a: Gómez Barquero, David

Cotutor/a externo: SANZ PERIS, FERRAN

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo de fin de grado es hacer un análisis sobre la implementación de las tecnologías GSM900 (2G), UMTS900 (3G), LTE800 (4G), LTE1800 (4G), LTE700 (4G) y NR700 (5G) en un nuevo punto de cobertura de tres sectores sobre un entorno urbano de Valencia, además de detectar las degradaciones ocasionadas tras el proceso de integración. También se explicará y analizará el uso de la tecnología *Dynamic Spectrum Sharing (DSS)* para compartir la banda de 700 MHz entre las tecnologías LTE y NR. Este concepto será muy importante para la monitorización del tráfico, el cual formará parte de uno de los indicadores de rendimiento (KPI) que se analizarán. Para el proceso de implementación se establecerá un diseño radio con las características del emplazamiento, el hardware adecuado y la parametrización correcta. Posteriormente, se procederá al proceso de integración y al encendido de las celdas. Tras el encendido de las celdas, se monitorizarán y analizarán mediante el software Business Objects, que nos servirá para detectar las posibles degradaciones que han ocurrido durante este proceso y solucionarlas.

## **ABSTRACT**

The objective of this end-of-degree project is to analyze the implementation of GSM900, UMTS900, LTE800, LTE1800, LTE700 and NR700 of a new three-sector coverage point on an urban environment in Valencia, in addition to detecting the degradations caused after the integration process. The use of Dynamic Spectrum Sharing (DSS) will also be explained, where the 700 band will share spectrum to coexist LTE and NR. This concept will be very important for traffic monitoring, which will form part of one of the performance indicators (KPI) that will be analyzed. For the implementation process, a radio design will be established with the characteristics of the location, the appropriate hardware and the correct parameterization. Subsequently, the integration process and the switching on of the cells will proceed. After the cells are turned on, they will be monitored and analyzed using the Business Objects software, which will help us detect possible degradations that have occurred during this process and solve them.

## **PALABRAS CLAVE**

4G, 5G, compartición dinámica de espectro DSS, cobertura, despliegue de red

## **KEYWORDS**

4G, 5G, dynamic spectrum sharing, coverage, network deployment

# Índice

1. Introducción .....	6
1.1 Objetivos del trabajo de fin de grado.....	6
1.2 Organización de la memoria .....	6
2. Evolución de las Arquitecturas de red de comunicaciones.....	7
2.1 Segunda generación (GSM).....	7
2.2 Tercera generación (UMTS/HSPA) .....	8
2.3 Cuarta generación (LTE) .....	9
2.4 Quinta generación (NR).....	10
2.5 Estado del arte .....	12
3. Proceso de instalación de una estación base 2G/3G/4G/5G .....	13
3.1 Características del emplazamiento .....	13
3.1.1 Clasificación de emplazamientos .....	13
3.1.2 Lugar y Sectorización.....	14
3.1.4 Estación Base (BTS) .....	15
3.2 Hardware.....	16
3.2.1 Sistema Radiante.....	16
3.2.2 Baseband Unit .....	17
3.2.3 Remote Radio Unit .....	18
3.2.4 Cableado.....	20
4. Proceso de implementación de la estación base .....	21
4.1 Nomenclatura de las celdas .....	21
4.2 Parametrización .....	22
4.2.1 BCCH (Broadcast Control Channel) .....	22
4.2.2 BSIC (Base Station Identify Code).....	22
4.2.3 CGI (Cell Global Identification).....	22
4.2.4 RAC (Routing Area Code).....	24
4.2.5 PSC (Primary Scrambling Code).....	24
4.2.6 PCI (Physical Cell ID) .....	24
4.2.7 RSI (Root Sequence Index) .....	24
4.2.8 Enodebid .....	24
4.2.9 Gnodebid.....	25
4.2.10 TAC (Tracking Area Code).....	25
4.2.11 Comandos de DSS (Dynamic Spectrum Sharing).....	25
4.2.12 Definición de vecindades .....	25

4.2.12.1 Definición de vecindades en la BSC.....	26
4.2.12.2 Definición de vecindades en la RNC.....	26
4.2.12.3 Definición de vecindades en el nodo 4G.....	27
4.3 Potencias .....	28
4.4 Proceso de integración de la Estación base .....	29
5. Troubleshooting .....	29
5.1 Business Objects.....	29
5.2 Número de desconexiones de voz .....	30
5.3 DCR ( <i>Drop Call Rate</i> ).....	30
5.4 CSSR ( <i>Call Setup Success Rate</i> ) .....	31
5.5 Tráfico.....	31
5.6 HO ( <i>Handover</i> ).....	31
5.7 MIMO ( <i>Multiple-input and Multiple-output</i> ) .....	31
5.8 CA ( <i>Carrier Aggregation</i> ) .....	31
5.9 CSFB ( <i>Circuit Switch Falll Back</i> ).....	32
5.10 SRVCC ( <i>Single Radio Voice Call Continuity</i> ) .....	32
5.11 RSSI ( <i>Received Signal Strength Indicator</i> ) .....	33
6. Análisis y resultados .....	34
7. Conclusiones.....	45
Referencias y bibliografía .....	46

# Índice de acrónimos

KPI: Key Performance Indicators

GSM: Global System Mobile

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

LTE: Long Term Evolution

NR: New Radio

SMS: Short Message Service

BTS: Base Station Subsystem

BSC: Base Station Controller

MSC: Mobile Switch Center

W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access

UE: User Equipment

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

RNC: Radio Network Controller

SGSN: Serving GPRS Support Node

GGSN: Gateway GPRS Support Node

HSPA: High Speed Packet Access

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

PDN: Packet Data Network

OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access

MME: Mobility Management Entity

S-GW: Serving Gateway

NSA: Non-standalone

SA: Standalone

DSS: Dynamic Spectrum Sharing

CA: Carrier Aggregation

ETSI: European Telecommunications Standards Institute

O-RAN: Open Radio Access Network

NCR: Nueva Cobertura Radio

RET: Remote Electric Tilt

BBU: Baseband Unit  
CPRI: Common Public Radio Interface  
RRU: Remote Radio Unit  
PIM: Producto de Intermodulación  
TMA: Amplificador Montado en Torre  
BCCH: Broadcast Control Channel  
CGI: Cell Global Identification  
NCC: Network Color Code  
BCC: Base Station Color Code  
BSIC: Base Station Identify Code  
MCC: Mobile Country Code  
MNC: Mobile Network Code  
LAC: Location Area Code  
CI: Cell Identity  
RAC: Routing Area Code  
PSC: Primary Scrambling Code  
PCI: Physical Cell ID  
RSI: Root Sequence Index  
TAC: Tracking Area Code  
ANR: Automatic Neighbor Relation  
RSSI: Received Signal Strength Indicator  
PLMN: Public Land Mobile Network  
DCR: Drop Call Rate  
CSSR: Call Setup Success Rate  
SCC: Secondary Component Carrier  
CSFB: Circuit Switch Fall Back  
SRVCC: Single Radio Voice Call Continuity  
IMS: IP Multimedia Subsystem

# 1. Introducción

## 1.1 Objetivos del trabajo de fin de grado

Entre los objetivos más importantes de este trabajo se encuentran el análisis de la arquitectura de red de cada generación y cómo han ido evolucionando a lo largo de los años en el sector de las comunicaciones móviles. También se establecerán unos criterios de despliegue para así poder tener una noción de la metodología de la empresa, se hablará de las tareas realizadas por cada departamento y las herramientas de software que se utilizarán.

Se aplicarán los conocimientos previos en un caso real de cobertura móvil 2G, 3G, 4G y 5G, para así poder analizar y corregir las degradaciones observadas en los KPIs. Se comparará el estado actual con el estado posterior tras aplicar las correcciones y se hará un análisis de la implementación masiva de LNR700 en el sector de las telecomunicaciones.

## 1.2 Organización de la memoria

En el primer capítulo se hará una breve introducción de la memoria, además de presentar los objetivos del trabajo de fin de grado y la motivación de la investigación.

En el segundo capítulo se comenzará con el marco teórico para comprender la evolución de las arquitecturas de red de telecomunicaciones: *Global System Mobile (GSM)*, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)*, *Long Term Evolution (LTE)* y *New Radio (NR)*. Mediante el estado del arte se tratará la actualidad del despliegue de las tecnologías que conforman estas generaciones, relacionándolo con la presentación de la empresa.

En el tercer capítulo se tratarán las características que forman el diseño radio. Primero tendremos las características del emplazamiento para entender la importancia de su localización y su sectorización. Se necesitará una visión general de la estación base para poder entender el equipamiento necesario.

En el cuarto capítulo se explicará el proceso de implementación e integración en la estación base. Se explicará la nomenclatura de las celdas, además de la parametrización de cada una de las tecnologías y las potencias correspondientes.

En el quinto capítulo se establecerán las degradaciones que más tarde analizaremos en un caso real. Además de establecer cada *Key Performance Indicator (KPI)* por tecnología, también se hablará sobre el programa utilizado.

En el sexto capítulo se aplicará todo el marco teórico, formando un caso concreto de un diseño radio para la implementación de LNR700, donde se analizarán las degradaciones detectadas y las diferentes medidas para corregirlas.

En el séptimo capítulo se revisarán los objetivos para poder concluir este trabajo. Se resumirá todo este proceso para proponer las propuestas de mejora y exponer lo importante que ha sido tener una estructura clara ante el despliegue masivo de LNR700.

## 2. Evolución de las Arquitecturas de red de comunicaciones

### 2.1 Segunda generación (GSM)

Las primeras limitaciones que se vieron en Europa respecto a los sistemas analógicos fueron en los años ochenta. La arquitectura del *Global System Mobile* (GSM) marcó el paso de los sistemas analógicos a los digitales. La digitalización de la voz aportó mejoras, introduciendo una serie de protocolos que mejoraron la calidad de las llamadas de voz. Además, se aprovechó un ancho de banda mayor y se introdujeron otros servicios adicionales a los de voz como los *Short Message Service* (SMS).

El rango de frecuencias utilizado en España es el de 1800 MHz que está prácticamente obsoleto y el de 900 MHz que es el más utilizado en España, sin planes de apagado todavía.

La estación móvil se refiere al dispositivo móvil que es donde se encuentra la tarjeta SIM. Esta tarjeta proporciona la información sobre la red utilizada e identifica al cliente. La *Base Station Subsystem* (BTS) permite la conexión física con el terminal móvil, prestan servicio a un número limitado de abonados dentro de un área geográfica y disponen de un número de canales de tráfico para el establecimiento de llamadas. Si todos estos canales estuviesen ocupados daría nombre a la saturación y no se podrían realizar llamadas hasta que estuviesen libres. La *Base Station Controller* (BSC) controla un número de BTSs determinado según el área y se encarga del correcto funcionamiento de éstas. Otra de sus funciones es el control de *handover* entre todas las celdas 2G. La *Mobile Switch Center* (MSC) es el centro de conmutación móvil que se encarga del enrutamiento de llamadas y de gestionar los abonados móviles, además realiza la interconexión entre la red móvil y la red telefónica pública conmutada (PTSN). Además de la MSC el subsistema de red y conmutación cuenta con bases de datos de control. El HLR es un registro de localización base, aporta información del abonado y de localización. El VLR es el registro de localización del visitante, contiene la base de datos de los abonados de la zona. El EIR es el registro de identidad del equipo, almacena los datos de los equipos móviles y el AUC es el centro de autenticación.

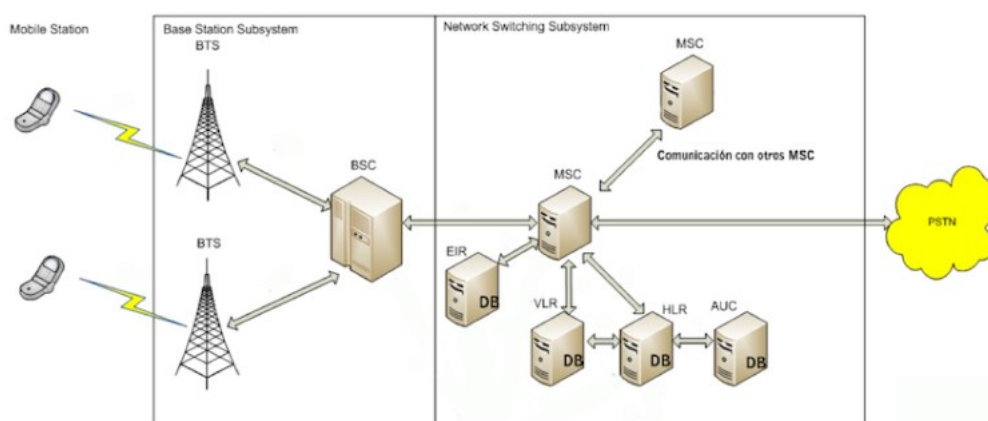


Ilustración 1. Arquitectura GSM.



## 2.2 Tercera generación (UMTS/HSPA)

El estándar de tercera generación es el UMTS que mejora respecto al de segunda generación por su conexión de voz y datos. Se basa en la tecnología W-CDMA y está organizado por la organización 3GPP. La tecnología *Wideband Code Division Multiple Access* (W-CDMA) adopta métodos de acceso múltiple por división de código, cada canal ocupa 5 MHz frente a los 200 kHz de GSM.

El rango de frecuencias utilizado en España es el de 900 MHz y el de 2100 MHz, el primer rango de frecuencias se está apagando progresivamente y se estima que en 2025 se desactivará del todo. En el rango de frecuencias de 2100 MHz se puede obtener hasta tres portadoras con 5 MHz cada una, normalmente se implementa únicamente la primera portadora para la implementación de LNR2100.

El *User Equipment* (UE) se compone del terminal móvil y la tarjeta SIM. La red *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de la red. Los Nodos B son los elementos red que se corresponden a las estaciones base en GSM y la *Radio Network Controller* (RNC) es responsable del control de los recursos de la estación base, equivale a la BSC en GSM. La MSC da servicios de voz mediante la conmutación de circuitos y para el servicio de datos mediante la conmutación de paquetes tenemos el SGSN y el GGSN. El *Serving GPRS Support Node* (SGSN) es el equipo de entrega de paquetes de datos desde y hacia las estaciones móviles en esa área geográfica. El *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) es el responsable de la conexión entre la red 3G y la red de conmutación de paquetes externa, como podría ser Internet.

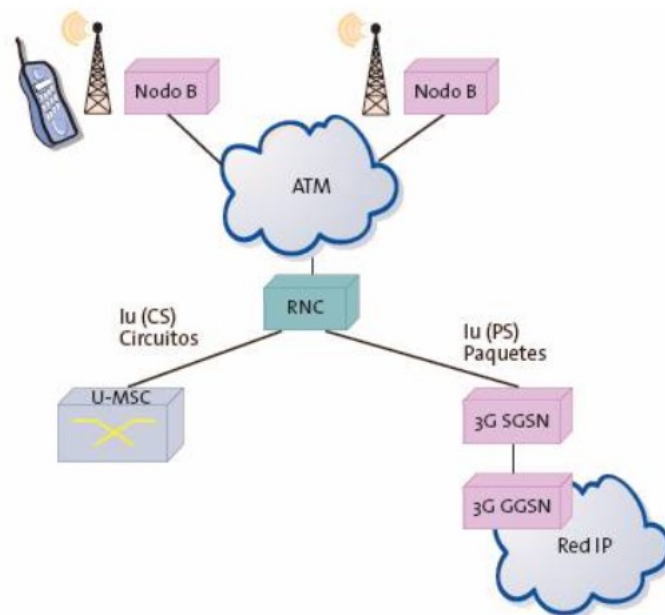


Ilustración 2. Arquitectura UMTS

El *High Speed Packet Access* (HSPA) se trata de una serie de protocolos que pretende mejorar la red UMTS existente. La tecnología HSDPA también conocida como 3.5G consiste en aumentar la velocidad de descarga mediante el nuevo enlace descendiente (*downlink*).

### 2.3 Cuarta generación (LTE)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) creó un comité para aclarar los requisitos necesarios para considerarse la cuarta generación. El LTE es un estándar de la norma 3GPP. El aumento de los datos móviles y la aparición de nuevas aplicaciones han sido clave para el diseño de un sistema mejorado, este sistema tendrá una arquitectura de una nueva red de acceso y un nuevo núcleo.

Las bandas de LTE utilizadas actualmente en España por los operadores son las siguientes:

	Banda	Movistar	Vodafone	Orange	MásMóvil
700MHz	n28	2x10MHz	2x10MHz	2x10MHz	
800MHz	b20	2x10MHz	2x10MHz	2x10MHz	
900MHz	b8	2x14,8MHz	2x10MHz	2x10MHz	
1800MHz	b3	2x20MHz	2x20MHz	2x20MHz	2x14,8MHz
2100MHz	b39+b1	5MHz+2x15MHz	5MHz+2x15MHz	5MHz+2x15MHz	5MHz+2x15MHz
2600MHz	b38+b7	10MHz+2x20MHz	20MHz+2x20MHz	2x20MHz	10MHz en 7 comunidades + 2x10MHz en 3 comunidades

Tabla 1. Bandas de frecuencia LTE

La red LTE está formada por varias entidades que interactúan para permitir el servicio IP punto a punto. Es decir, todo el tráfico fluye mediante esa IP desde el UE hasta la red de paquetes o *Packet Data Network* (PDN). Esta red de acceso de LTE, utiliza la tecnología *ortogonal frequency-division multiple Access* (OFDMA) en la interfaz radio para que todos los equipos de usuario se puedan comunicar. La red de acceso E-UTRAN está formada por varios eNodeBs que facilitan la conectividad entre los UE y la red troncal EPC, esta comunicación es posible debido a las interfaces Uu, S1 y X2.

La interfaz E-UTRAN Uu permite la transferencia de información entre el eNodeB y los UE, se implementan todas las funciones y protocolos para la realización del envío de datos. El eNodeB se conecta a la red troncal EPC mediante la interfaz S1, S1-MME soporta el plano de control y S1-U soporta el plano de usuario. Esta separación entre ambos planos es importante para la conexión de eNodeB con dos nodos diferentes de la misma red troncal. Para realizar el *handover* inter e-Nodeb se utilizará la interfaz X2, que permite el intercambio de mensajes de señalización y el tráfico entre distintos eNodeBs.

El eNB se comunicará con el *Mobility Management Entity* (MME) que se encarga solamente de soportar funciones con el plano de control. También se tendrá que comunicar con otra entidad llamada *Serving Gateway* (S-GW) que se encargará de procesar las funciones del plano de usuario.

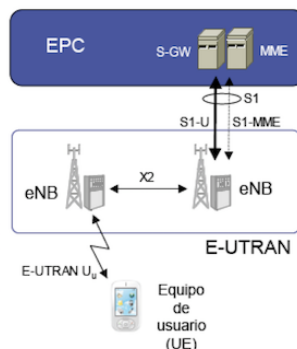


Ilustración 3. Arquitectura LTE

## 2.4 Quinta generación (NR)

El NR es una nueva tecnología de acceso radio desarrollada por el 3GPP para la quinta generación de redes móviles. Como las demás generaciones la quinta generación va evolucionando a lo largo del tiempo, uno de los primeros reportes del 3GPP se centró en desarrollar la transmisión de datos a altas velocidades y el primer despliegue de 5G apoyándose en la red 4G denominada *Non-standalone* (NSA). Las principales características del 5G son la velocidad de descarga de hasta 20Gbps, su velocidad de subida de hasta 10Gbps, su latencia mínima, su capacidad para soportar un gran número de dispositivos en un espacio muy reducido y la reducción de consumo energético respecto al 4G.

Las bandas de frecuencia más utilizadas en España son la banda de 700MHz, la banda de 3600MHz, la banda de 2100MHz y la banda de 26GHz. La banda de 700MHz es la banda principal de 5G fuera de las grandes ciudades, garantiza la cobertura en interiores y grandes áreas. La banda de 3600MHz se utiliza desde 2019 y ha sufrido varias modificaciones hasta llegar a su configuración actual, las operadoras poseen una gran cantidad de espectro, lo que proporciona una gran velocidad. A diferencia de las demás bandas de frecuencia, la banda de 26Ghz es la banda que cuenta con más espectro y esto la hace la más rápida, pero debido a que se trata de frecuencias muy altas su propagación es muy limitada. Solamente puede proporcionar cobertura en distancias muy cortas.

La infraestructura de las redes móviles se divide principalmente en dos partes, la red de acceso y el núcleo. Cuando el móvil se conecta a una red establece dos canales lógicos, estos canales permiten mandar y recibir datos del usuario desde el usuario móvil (plano de usuario) y permiten mandar datos de control necesarios para la gestión de conexión (plano de control).

En el caso 5G NSA se utiliza la red de acceso radio de 5G y el núcleo de 4G. Cuando el usuario móvil establece la conexión a través del plano de control utiliza la red 4G, pero los datos de usuario se transmiten a través de la red 5G. Esto permite una transición más fluida y se aprovechan los recursos ya desplegados.

En el caso de 5G (*Standalone*) (SA) se utiliza la red de 5G completa, tanto los datos de usuario como los datos de control se transmiten por la red 5G. Disponen de más velocidad, menor latencia y se dispondrá de la capacidad de definir redes virtuales mediante la segmentación de red, que se trata de una arquitectura de red que fracciona la red en pequeñas redes virtuales para un uso específico.

A continuación, se muestra una ilustración del 5G *Standalone* y *Non-standalone* para poder apreciar los planos de control y de usuario:

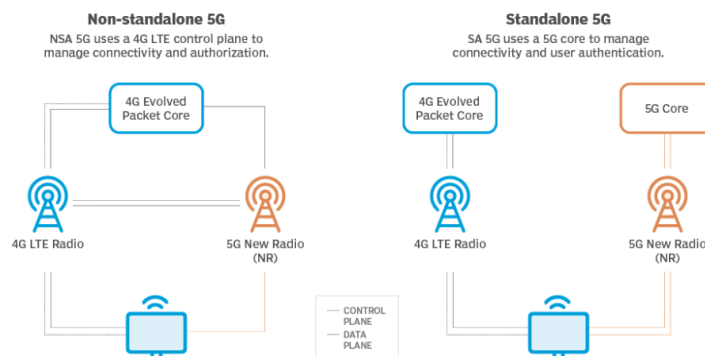


Ilustración 4. Diferencia entre Non-Standalone y Standalone 5G

En la variante 5G NSA, se utiliza la técnica de despliegue 5G *Dynamic Spectrum Sharing* (DSS). La compartición de espectro es un concepto que permite que las redes de 4G y 5G utilicen las mismas bandas, esto significa que los proveedores pueden utilizar el espectro de 4G para el soporte de los servicios 5G sin necesidad de licencias adicionales. Se necesitará una mejora del equipamiento anteriormente utilizado en 4G para que se puedan utilizar las mismas antenas y equipamiento que en 5G. Las técnicas para habilitar la compartición de espectro incluyen la compartición de espectro dinámica y el *Carrier Aggregation* (CA).

La tecnología DSS permite que la red inalámbrica asigne dinámicamente recursos de espectro entre diferentes generaciones como 4G y 5G. Debido a la compartición de espectro dinámica, una misma red inalámbrica puede utilizar las mismas bandas de espectro para los servicios 4G y 5G, además de asignar recursos dinámicamente según la demanda. Esto significa que cuando hay poca demanda de servicio 5G, la red puede asignar más recursos de espectro a los servicios 4G y, al contrario.

El CA es otra técnica que se utiliza para la compartición de espectro entre 4G y 5G. Una red inalámbrica puede combinar múltiples bandas de frecuencia para aumentar la cantidad de espectro disponible. Esto puede ser usado para admitir servicios de 4G y 5G simultáneamente.



Ilustración 5. DSS (*Dynamic Spectrum Sharing*)

Los beneficios de la compartición de espectro son:

- Mejora en la utilización de espectro: Compartir espectro entre 4G y 5G permite a los proveedores de servicio hacer un mejor uso de espectro disponible, sin requerimiento de licencias adicionales.
- Transición fluida a 5G: Cuando se utiliza el espectro de 4G para apoyar los servicios de 5G, los proveedores de servicio pueden realizar una transformación más sencilla a 5G sin tener que implementar una red completamente nueva.
- Ahorro de coste: La evasión de adquisición de licencias adicionales proporciona el ahorro de gastos económicos y operativos de los proveedores de servicio.

## 2.5 Estado del arte

Mediante el progreso de este trabajo de fin de grado se pretende estudiar los problemas que surgen en el proceso de implementación e integración de cobertura móvil de segunda, tercera, cuarta y quinta generación móvil. Las diferencias entre las diferentes tecnologías móviles se pueden valorar en el siguiente estudio de Anmol Khanna, Arham Bengani, Atul Bhatt and Avdesh Bhardawaj<sup>1</sup>. Sabiendo las dificultades a partir de los KPIs, se analizarán los resultados y sus posibles soluciones que se adoptarán para corregirlos, a esto lo denominamos *troubleshooting*. Aplicando las soluciones, se podrá ver la diferente entre el estado inicial y el estado modificado.

Para poner en práctica la resolución de problemas de la implementación de LNR700, primero es necesario comprender el proceso de implementación que se realiza sobre las cinco generaciones que actualmente se aplican en España.

El proceso de integración será el siguiente paso, se cargarán las plantillas realizadas y los comandos generados para su correcto funcionamiento, muchos de los errores se cometen en este paso. Estos errores humanos se deben a la falta de automatización de esta etapa del proyecto.

Mediante los informes de 4H, 24H y 48H que se realizan una vez encendidas las celdas, se identificarán estos problemas y aunque cada operadora tiene sus propios contadores, mediante los organismos internacionales se han ido estandarizando a medida que han ido pasando los años. La *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) ha emitido documentos donde se incluyen algunos de estos KPIs.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Anmol Khanna, A. B. (2014). "A Critical Review of Mobile Network Technologies".

<sup>2</sup> ETSI. (2016.). LTE; Telecommunication management; Key Performance Indicators (KPI) for the Evolved Packet Core (EPC);.

## 3. Proceso de instalación de una estación base 2G/3G/4G/5G

Para poder llevar a cabo el proceso de instalación de una estación base se necesitará un estudio inicial donde se analizarán las necesidades y se realizará un plan de implantación, este plan se debe a la mejora constante de la red realizada por los operadores de telefonía. Se actualiza el hardware para mejorar la eficiencia del espectro radioeléctrico para que los clientes dispongan de mayor capacidad de red. De esta forma, los operadores apuestan por las tecnologías de redes de acceso por radio abiertas (*Open Ran*). Es una solución segura y económica para la obtención de antenas radio, equipamientos y programas. El siguiente paso será el contrato de adquisición, donde los operadores negociarán el plan de instalación para poder realizar el diseño radio y de transmisión. Una vez finalizados los diseños se podrá llevar a cabo la instalación, cada emplazamiento tiene unas necesidades distintas y por ello es tan importante el diseño previo.

### 3.1 Características del emplazamiento

#### 3.1.1 Clasificación de emplazamientos

El objetivo principal del *Open Radio Access Network* (O-RAN) es tener un estándar de interoperabilidad para obtener una red de menor coste y que los proveedores puedan compartir el hardware y software. Este estándar ha sido de vital importancia para la implementación de equipos de la quinta generación, ya que se han requerido más estaciones base para poder proporcionar su cobertura.

Por lo tanto, desde un punto de vista del Operador 1, podemos diferenciar dos tipos de emplazamiento: Emplazamientos en exclusión (donde ambos operadores no comparten equipos) y emplazamientos en *Sharing* (donde ambos operadores comparten equipos).

Dos de los principales trabajos que se pueden encontrar en los emplazamientos en compartición, son los *Swap* (donde normalmente se cambian los sistemas radiantes o las unidades de banda base) y los Cruzados. Los cruzados con traslados hacen referencia al Operador 2 radiando en un sitio distinto respecto al Operador 1 en el emplazamiento, así que tendrán que quedar ambos operadores consolidados en el emplazamiento. A diferencia del Cruzado Nueva Cobertura Radio (NCR), donde el Operador 2 se encuentra radiando sin existir un punto de cobertura para el Operador 1. Por lo tanto, se tendrán que preparar las plantillas en la fase de Implementación de cero.

A continuación, en el siguiente esquema se verá la diferencia entre emplazamientos:

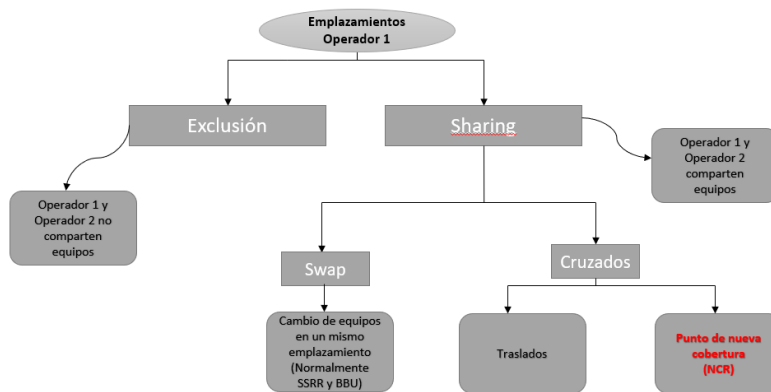


Ilustración 6. Clasificación de emplazamientos

### 3.1.2 Lugar y Sectorización

Desde el departamento de diseño radio, crearán el informe de diseño (CAP) que será útil para el departamento de implementación. Una de las principales características que tiene este informe es la localización del emplazamiento. Depende de la localización, la parametrización variará, se verá más adelante en el apartado de *Parametrización*.

En entornos urbanos, la altura y la visibilidad del sistema radiante será uno de los puntos clave para el alcance y el rendimiento del proveedor. También será importante la localización del emplazamiento en entornos rurales, ya que el poco tráfico de las tecnologías 5G se puede deber a este motivo.

Normalmente en los despliegues de sistemas de comunicaciones móviles se emplea la técnica de la sectorización. Esto significa que se hace uso de antenas directivas en lugar de antenas omnidireccionales, lo cual reduce el número de células cocanal interferentes. También presenta inconvenientes como el mayor número de antenas por cada estación base, el aumento de *handovers* entre celdas y la menor cantidad de canales por sector. La configuración más común que se utiliza es la de tres sectores.

También hay que tener en cuenta la diferencia entre los sectores físicos y lógicos. Un único sector lógico sobre dos sectores físicos hace referencia a una celda, es decir, existen dos antenas físicas para que radie en dos direcciones distintas, pero a la hora de preparar la parametrización se prepara como si fuese un sector. Esta configuración es muy común en carreteras.

### 3.1.4 Estación Base (BTS)

La estación base se encarga de gestionar todas las comunicaciones móviles que se realizan en su zona de cobertura y conectarlas con el resto del sistema. Cuando se realiza o se recibe una llamada, el teléfono utilizará ondas electromagnéticas de baja intensidad para que se produzca la comunicación entre una red de transmisión y de recepción.

Se distinguen dos grupos fundamentales para que la estación base funcione correctamente, el primer grupo serán los elementos de funcionalidad técnica y el segundo grupo se compondrá de elementos infraestructurales. Los elementos de funcionalidad técnica están compuestos por los sistemas radiantes, el cableado que transporta las señales de radiofrecuencia hasta las antenas, los equipos de generación y recepción de señales de radiofrecuencia, los equipos de proceso y control de señales tanto recibidas como transmitidas y los elementos que conectan la estación base y los centros de conmutación de red troncal fija. Todos estos elementos se verán detallados en el siguiente apartado de *Hardware*.

Los elementos infraestructurales están compuestos por la caseta de instalaciones (la cual protege el resto de elementos de la intemperie), los sistemas de seguridad física (alarmas contra intrusiones y contra incendios), suministro de fluido eléctrico para los equipos (cuadros y sistemas de seguridad como baterías), sistemas de refrigeración (garantiza el correcto funcionamiento de todos los elementos en épocas de calor), líneas de tierra y sistemas de soporte de los elementos radiantes (normalmente un mástil en entornos urbanos y una torre en entornos rurales).

A continuación, se pueden ver ambos grupos representados en la siguiente ilustración:

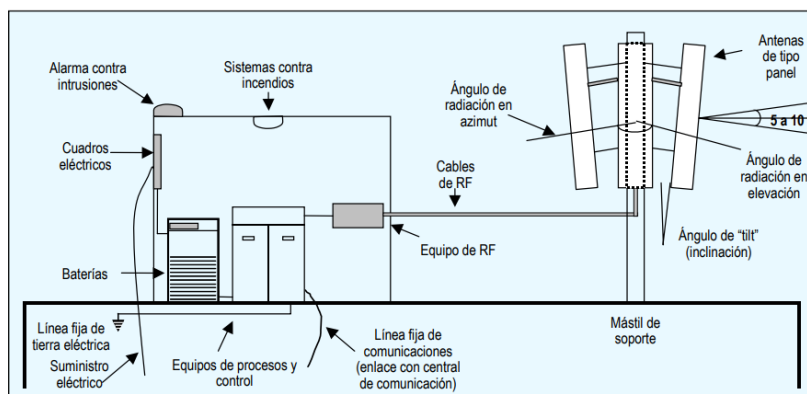


Ilustración 7. Esquema de la estación base



## 3.2 Hardware

### 3.2.1 Sistema Radiante

Las antenas empleadas en las comunicaciones móviles son de tipo panel y tienen forma rectangular o cuadrada. Su potencia irradia en una sola dirección, ya sea en el plano horizontal o vertical.

Mediante las propiedades eléctricas del *Datasheet* de la antena AQU4518R63v06 y el esquema de los *arrays* se puede garantizar la integración de la banda de 700 MHz. En este rango de frecuencias se encuentran todas las tecnologías a diseñar:

Electrical Properties								
Frequency range (MHz)	2 x (690-960) (Lr1/Rr2)				2 x (1427-2690) (Ly1/Ry2)			
		690-803	790-862	824-894	880-960	1427-1518	1695-1990	1920-2200

Tabla 2. Propiedades del Datasheet

Se tendrá que garantizar como mínimo dos *arrays* o cuatro puertos para bandas bajas (GU900/L800/LNR700). Además de cuatro puertos para bandas altas (L1800), así podrá cursar MIMO Rank 4 que se explicará en más profundidad en el apartado de parametrización.

El color rojo de la ilustración representa las bandas bajas y el color amarillo las bandas altas:

#### Port and Array Layout

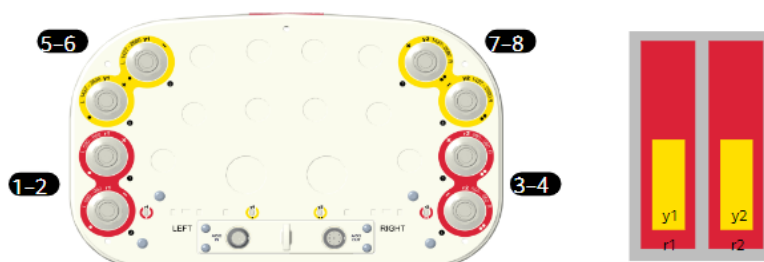


Ilustración 8. Diseño de puertos y arrays

En esta tabla se puede observar una posible distribución, donde los puertos 1-2 pertenecerían a la tecnología L800 y los puertos 3-4 a las tecnologías GU900 y LNR700. Por último, los puertos 5-6/7-8 harían referencia a la tecnología L1800.

Puertos	Array	Tecnologías
1-2	Lr1	L800
3-4	Rr2	GU900/LNR700
5-6 y 7-8	Ly1 y Ry2	L1800

Tabla 3. Puertos y sus correspondientes tecnologías

La eficiencia de una red celular depende de la configuración y ajuste de los sistemas radiantes. El *tilt* representa la inclinación o el ángulo de la antena. Hay dos tipos de *tilt*, el mecánico y el eléctrico. El *tilt* mecánico trata de mover la antena directamente, el inconveniente que tiene es que únicamente modifica el apuntamiento del lóbulo principal, sin modificar el de los secundarios.

Se podrá modificar remotamente el *tilt* eléctrico si se dispone del cable AISG, además también se deberá asegurar que en las especificaciones de la antena el *Remote Electric Tilt* (RET) está integrado:

### Antenna Information Management Module (AIMM) Specifications

Properties	
RET type	Integrated RET
RET protocols*	AISG 2.0 / 3GPP

Tabla 4. Especificaciones del RET en el Datasheet

El RET como se ha mencionado anteriormente corresponde al ajuste remoto del *tilt* eléctrico, desde el gestor mediante el comando *DSP RETDEVICEDATA;*; se podrá ver el mínimo y máximo *tilt* configurable. También se podrá modificar el *tilt* actual mediante el comando *MOD RETSUBUNIT;*; que resultará muy útil para los informes de ruido cuando no tengamos pruebas con cargas.

#### 3.2.2 Baseband Unit

La *Baseband Unit* (BBU) es un dispositivo de redes de telecomunicaciones que se utiliza para el proceso de señales de banda base. Este término hace referencia a la frecuencia original de una transmisión antes de la modulación. Contendrá las tarjetas que controlan las alarmas y la alimentación de los equipos.

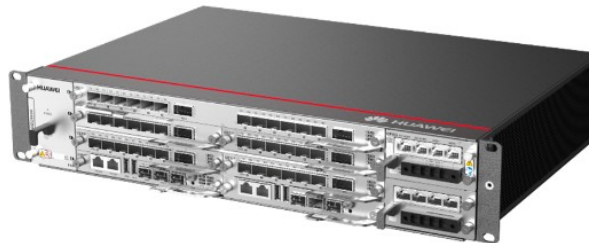


Ilustración 9. BBU5900

A continuación, se muestra los componentes de la BBU mediante ranuras, donde se insertarán las siguientes tarjetas:

FAN	Slot 16	USCU/UBBP	Slot 0	USCU/UBBP	Slot 1	Slot 18	UPEU/UEIU
		USCU/UBBP	Slot 2	USCU/UBBP	Slot 3		
		USCU/UBBP	Slot 4	USCU/UBBP	Slot 5	Slot 19	
		UMPT	Slot 6	UMPT	Slot 7		UPEU

Ilustración 10. Distribución de Slots de la BBU

En la ranura 16 encontramos la tarjetería FAN, correspondiendo al módulo de ventilación de la BBU, se encarga de disipar el calor de otras tarjetas de la BBU además de controlar la velocidad, monitorizar la temperatura y reportar el estado de la ventilación.

En las ranuras 18 y 19 encontramos la tarjetería UPEU, correspondiendo a la unidad de interfaz de energía, convirtiendo la potencia de -48 V CC en una potencia de +12 V CC. En la ranura 18 también tenemos la posibilidad de la tarjeta UEIU, que reporta señales de monitorización y alarma de otros dispositivos.

En las ranuras 6 y 7 se encuentran las tarjetas UMPT, que son las tarjetas de salida de transmisión de la BBU. Gestiona configuraciones y dispositivos, monitoriza la calidad y procesos de señalización. Provee puertos USB, de transmisión y de interconexión para permitir el mantenimiento.

Por último, las ranuras restantes contendrán las tarjetas de capacidad que se instalan en la BBU. Multiplexan los recursos de banda base entre diferentes modos, por lo que admite la concurrencia multimodo. Proporcionan puertos *Common Public Radio Interface* (CPRI) para la comunicación con módulos de radiofrecuencia y procesa señales banda base de conexión de subida y bajada.

Para garantizar la integración de LNR700 será importante insertar la tarjeta *UMPTg2* en la ranura 7 y las tarjetas de capacidad *UBBP* en la ranura 0. Los cables de fibra óptica se deberán conectar a la tarjeta UBBP, donde se considerará el primer sector CPRI0, el segundo sector como CPRI1 y el tercer sector como CPRI2.

La mayor diferencia entre el modelo BBU3900 y BBU5900, es que este último está diseñado para estaciones base 5G. Mientras que la BBU3900 es utilizada principalmente para estaciones base GSM, UMTS y LTE.

### 3.2.3 Remote Radio Unit

La RRU (*Remote Radio Unit*) convierte la señal de radiofrecuencia en una señal de datos y viceversa. Otra de sus funciones principales es el filtrado y amplificación de la señal RF. Además, se encarga de la transmisión de potencia de la señal que llega tanto al sistema radiante como de la unidad de banda base. La unidad de radio remota está conectada a la antena mediante un cable coaxial y mediante el cableado de fibra óptica está conectada a la unidad de banda base. Las unidades de radio remotas multibanda son muy importantes para la integración de LNR700. En esta ilustración tenemos una RRU de bandas bajas, en concreto el modelo RRU5909T.

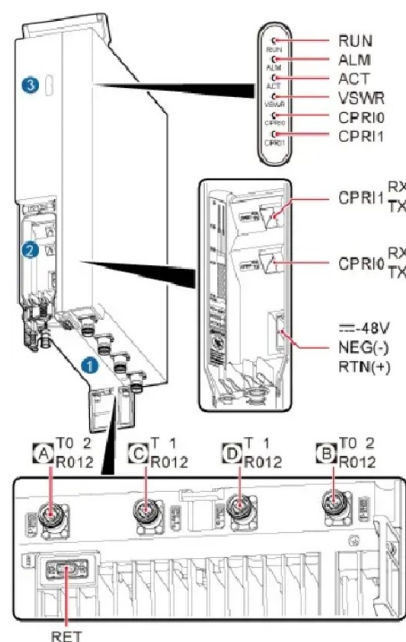


Ilustración 11. Modelo RRU5909T

Este modelo de RRU tiene cuatro bocas, por lo tanto, se pueden configurar las celdas como 2T4R. Los cuatro puertos de transmisión deben estar conectados a los cuatro puertos de la antena sin combinarlos en ningún momento. Si esto sucediera, se produciría Producto de Intermodulación (PIM) entre la banda de 700 y 800, por lo tanto, no se podrían activar las celdas.

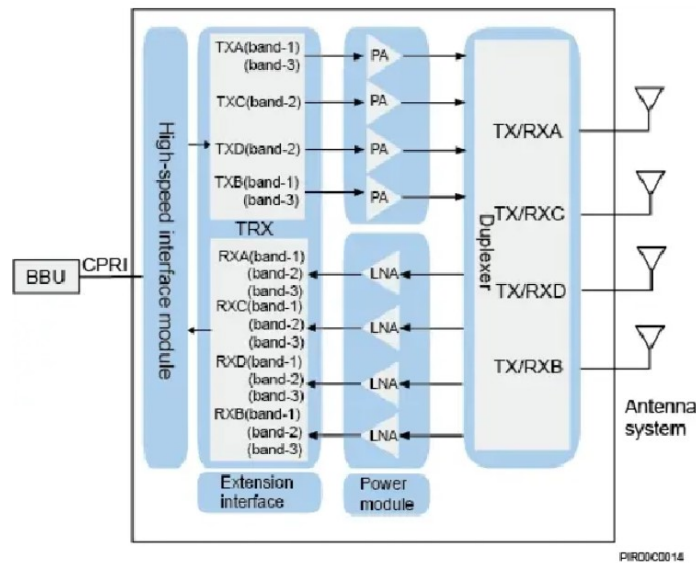


Ilustración 12. Puertos de TX y RX en una RRU

Por lo tanto, la configuración correcta en transmisión sería TXA (700/900), TXC (800), TXD (800) y TXB (700/900). Y como se puede ver en la ilustración, se pueden configurar las tres bandas juntas en los puertos de recepción. A diferencia del modelo RRU5909T, el modelo RRU5515T tiene dos bocas y su configuración de celdas debe ser 2T2R. Aunque este modelo presenta capacidades de supresión de PIM internas que permiten que puedan coexistir las bandas en los puertos de transmisión, quedando la configuración como TXA (700/800/900) y TXB (700/800/900). El modelo RRU5909T tiene una potencia de 2x120W, mientras que el modelo RRU5515T tiene una potencia de 2x140W.

El modelo más común para frecuencias medias es RRU5502w, que además de prestar servicio a la banda de 1800 MHz, también lo presta para 2100 MHz. Tiene cuatro bocas, así que las celdas se podrán configurar como 4T4R, mejorando así la potencia de transmisión y la capacidad de portadora.

Además de estos modelos de frecuencias bajas y frecuencias medias, también están los modelos de frecuencias altas como RRU5304 para dar servicio a la banda de 2600 MHz.

El amplificador montado en torre (TMA) es una solución para mejorar la sensibilidad de cobertura de *uplink*. Se suele instalar en la parte superior de la torre o lo más cercano a la antena, intentando disminuir el ruido y el área de señal débil. Se utilizan en pocos casos, sobre todo cuando no hay espacio suficiente y las RRUs se encuentran muy lejos de la antena. No son necesarios si las RRUs están localizadas cerca de la antena, en caso de alta densidad de celdas o si hay riesgo de interferencias o PIM. En el CAP se señalará la instalación del TMA, aunque también se puede comprobar en el gestor mediante el comando DSP TMASUBUNIT;.

### 3.2.4 Cableado

Para interconectar el equipamiento se necesitará el cableado que se muestra en la siguiente ilustración:

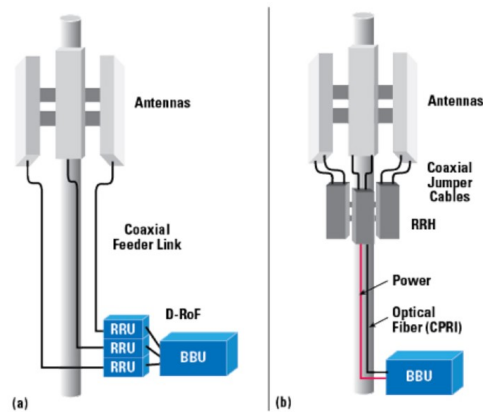


Ilustración 13. Conexión del cableado con los equipos

Para conectar el sistema radiante a las RRUs se necesitará el cable coaxial, donde su función principal es transferir los datos mediante señales eléctricas y sus características son la baja atenuación y el bajo coeficiente de reflexión. Los cables más comunes utilizados en las comunicaciones móviles son de 1/2'' o 7/8''.

Para conectar las RRUs a la BBU se necesitará el cableado de fibra óptica mediante el protocolo CPRI que permite ubicar la BBU a mayor distancia de la RRU. La configuración de este parámetro en las celdas tendrá un papel muy importante para algunas degradaciones.

La fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas, siendo inmune a las interferencias electromagnéticas, condiciones meteorológicas, soportando un gran ancho de banda y así proporcionando grandes velocidades, además de cubrir grandes distancias.

## 4. Proceso de implementación de la estación base

El proyecto de implementación tiene una categoría E2E, es decir, la empresa tiene una visión global del proyecto desde el principio hasta el final. En este caso, el principio se trataría de la instalación de hardware y el final sería la puesta en funcionamiento de las celdas. En este apartado, nos centraremos en la parte intermedia del proyecto donde se analizarán cada una de las tecnologías según sus criterios de diseño para realizar un despliegue adecuado. Para realizar las plantillas que se cargarán posteriormente en el gestor, tendremos que saber la nomenclatura de las celdas para así poder definir las y la parametrización necesaria para cada una de las tecnologías.

### 4.1 Nomenclatura de las celdas

La nomenclatura de las celdas sirve para distinguir los diferentes emplazamientos, su tecnología y el sector que le corresponde. Cada operador utiliza letras diferentes para identificar cada una de las tecnologías.

La nomenclatura de cada estación base tiene la siguiente estructura: **ZZZH1234**. **ZZZ** corresponde al prefijo de cada comunidad autónoma, **H** corresponde al nodo del emplazamiento y **1234** corresponde al código numérico del site.

La particularidad de **H** es que depende de las BBU de cada emplazamiento, lo más común es que tome el valor de X ya que representa una única BBU, pero puede llegar a tomar el valor de Y, Z e incluso V.

Una vez se obtiene la estructura de la nomenclatura del nodo se tendrá que asignar la letra identificativa de cada tecnología que dependerá del operador y el número que corresponderá a cada sector. A continuación, en la tabla siguiente se presentará la nomenclatura de cada celda:

Prefijo CCAA	Nodo	Código numérico	Tecnología	Sector
VAL	X	0000-9999	A – G900	1
			B – U900	
			C – U2100	2
			D – L700	
			E – L800	3
			F – L1800	
			G – L2100	4
			H – L2600	
			I – N2100	5
			J – N700	

Tabla 5. Nomenclatura de las celdas

## 4.2 Parametrización

### 4.2.1 BCCH (Broadcast Control Channel)

El canal de control de transmisión (BCCH) es un identificador único para 2G que contiene la frecuencia principal de cada celda.

Como el rango de frecuencias es muy limitado habrá que evitar duplicidades siguiendo las siguientes normas:

- 1) No se puede definir dos frecuencias consecutivas para evitar interferencias.
- 2) No se podrá repetir la misma frecuencia que componen los nodos del primer anillo que rodea al nodo.
- 3) Si la segunda norma no fuese posible, se repetiría la misma frecuencia, pero sin enfrentarse los sectores.

En esta ilustración se muestran los diferentes BCCHs que hay en la zona representados por colores:

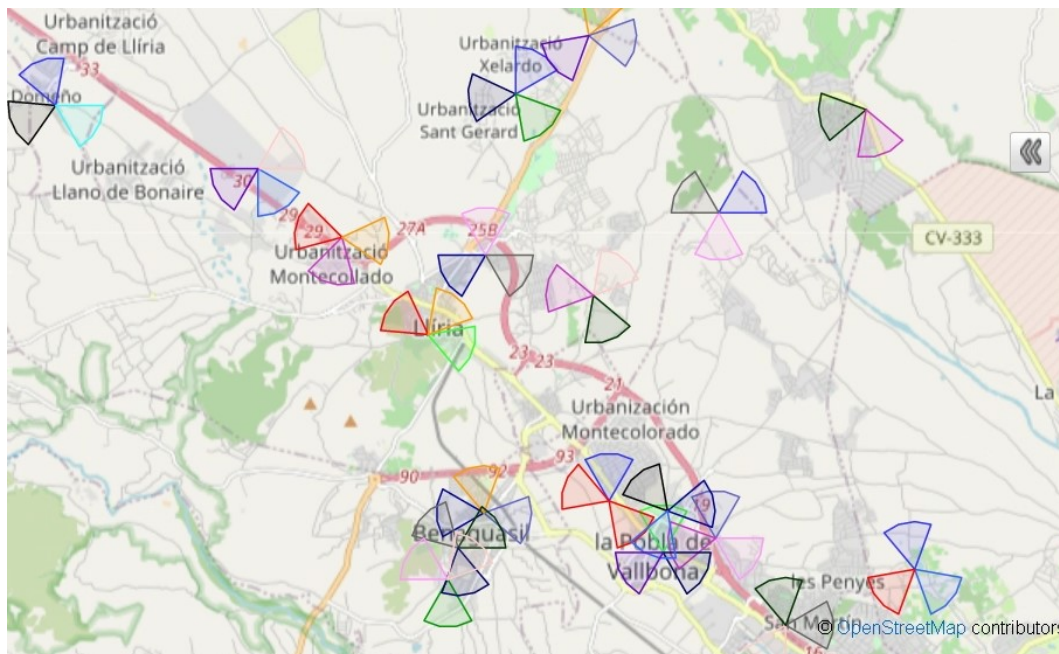


Ilustración 14. Distribución de BCCHs por colores

### 4.2.2 BSIC (Base Station Identify Code)

Cuando dos estaciones transmiten a la misma frecuencia, ya que las frecuencias son muy limitadas, se hará uso de dos parámetros más para la identificación de la celda. Estos parámetros son el *Network Color Code* (NCC) y el *Base Station Color Code* (BCC) que conforman el *Base Station Identify Code* (BSIC). El BSIC estará formado por dos dígitos, el primer dígito indicará el NCC y el segundo indicará el BCC, ambos dígitos tendrán un valor comprendido en el rango [0-7].

### 4.2.3 CGI (Cell Global Identification)

El CGI (*Cell Global Identification*) se utiliza en GSM y UMTS para representar de manera unívoca a nivel mundial cada celda de cada operador. Es una concatenación del MCC (*Mobile Country Code*), MNC (*Mobile Network Code*), LAC (*Location Area Code*) y CI (*Cell Identity*).

$$CGI = MCC - MNC - LAC - CI$$



En la primera columna de esta ilustración se muestra el MCC, que identifica el país al que corresponde la red. En la segunda columna se muestra el MNC, que identifica a la red que pertenece la celda y cada operador tiene su valor propio.

España				
214	01	Vodafone	Operativa	GSM 900 / GSM 1800 / WCDMA 2100
214	02	Altecom-Fibracat	Operativa	GSM 900 / GSM 1800 / WCDMA 2100 / TD-LTE 2600
214	03	Orange	Operativa	GSM 900 / GSM 1800 / WCDMA 2100

Tabla 6. MCC y MNC en España

El LAC identifica la zona a la que corresponde cada celda. Por cada BSC/RNC existen varios LACs. En esta ilustración se puede ver por colores los diferentes LACs:

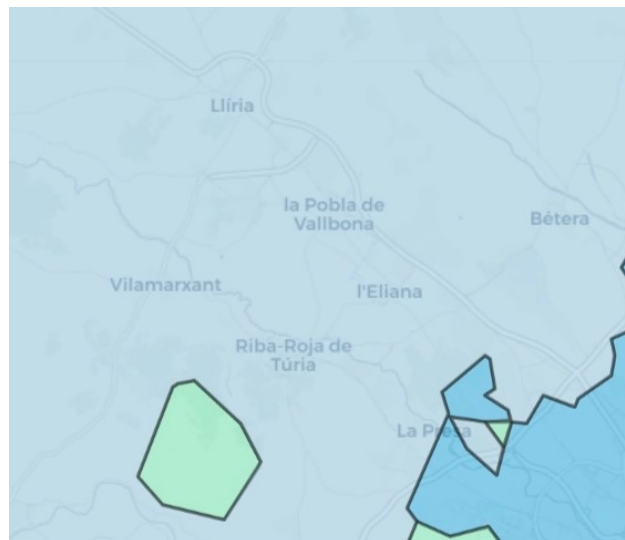


Ilustración 15. LACs

El *Cell ID* debe ser único por LAC e identifica a la celda. Para cada operador y tecnología hay un rango para definir los *Cell ID*.

Los CIs son importantes para la definición en las inners y áreas, se definirán en cada central de conmutación móvil para que se realice el encaminamiento de llamadas de red. Esta parametrización se cargará en las seis o siete MSCs dependiendo de la localización de la celda. Esta es la estructura de la definición de inners, que en el caso del GSM será importante en el número de desconexiones de red.

```
@connect("MSC")
MGCEE: cell=VALX0000A1;
MGCEI: cell=VALX0000A1, cgi=MCC-MNC-LAC-CI,bsc=BSCVAL;
MGCEC: cell=VALX0000A1, ea=46;
MGLNI: locno=4-34656469000CI;
MGLCI: cell=VALX0000A1, locno=4-34656469000CI;
```

Ilustración 16. Estructura de las inners

El código EA dependerá de cada provincia y será necesario para la creación del LOCNO, así la MSC reconocerá la BSC o en el caso de UMTS la RNC.



La estructura de las áreas será muy parecida a las inners, a diferencia de que el SAI en UMTS es el equivalente al CGI en GSM. Como las inners, la definición de Cell IDs será muy importante y también se tendrá en cuenta los diferentes rangos para las bandas de U900 y U2100.

```
@connect("MSC")
MGAAE: area=VALX0000B1;
MGLCE: area=VALX0000B1;
MGLNE: locno=4-3465614930CID;
MGAAI: area=VALX0000B1, sai=MCC-MNC-LAC-CID;
MGAAC: area=VALX0000B1, ea=46;
MGLNI: locno=4-3465614930CID;
MGLCI: area=VALX0000B1, locno=4-3465614930CID;
```

Ilustración 17. Estructura de las areas

#### 4.2.4 RAC (Routing Area Code)

Define una zona específica dentro del LAC, pueden existir de dos a seis RACs dentro de un mismo LAC. Su configuración es muy importante para que no se produzcan degradaciones de DCR, que veremos en el punto de degradaciones.

#### 4.2.5 PSC (Primary Scrambling Code)

Cada portadora tiene una única frecuencia y para diferenciar las celdas se utilizarán diferentes códigos *scrambling*. Sería el equivalente al BCCH en GSM y su valor debe estar comprendido en el rango [0-512]. Entre celdas de un mismo nodo se deberá dejar una separación de ocho unidades para evitar interferencias.

#### 4.2.6 PCI (Physical Cell ID)

Es el identificador físico de la celda, para una misma banda no se pueden repetir los mismos valores en un radio de 30km para entornos rurales y 15km para entornos urbanos. Estarán comprendidos en un rango [0-503] para las celdas de LTE. Para las celdas de 5G los valores estarán comprendidos en un rango [0-1007].

En 5G hay más recursos para la planificación de PCIs y seguirá esta fórmula como las demás celdas de 4G, la única diferencia es que el rango de las celdas LTE será [0-167].

$$N_{ID}^{cell} = 3 N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)} \text{ donde } N_{ID}^{(1)} = \{0 - 335\} \text{ y } N_{ID}^{(2)} = \{0,1,2\}$$

Las celdas LTE que comparten espectro con NR deberán seguir la regla de MOD3, estas celdas serán las de las bandas L700 y L2100, su fórmula será la siguiente:

$$N_{ID}^{cell} = 3 N_{ID}^{(2)} + N_{ID}^{(1)} \text{ donde } N_{ID}^{(1)} = \{0 - 167\} \text{ y } N_{ID}^{(2)} = \{0,1,2\}$$

#### 4.2.7 RSI (Root Sequence Index)

Es un identificador de secuencia de ruta del canal RACH de las celdas LTE, se debe asignar un valor comprendido en el rango [0-837]. Su planificación dependerá del radio de las celdas, el alcance es diferente para cada banda LTE, teniendo siempre un mayor radio en las celdas de frecuencias más bajas. Entre celdas de un mismo nodo se deberá dejar una separación de diez unidades para evitar interferencias.

#### 4.2.8 Enodebid

Es el identificador único del nodo LTE, estos identificadores se formarán de forma diferente si el nodo tiene uno o más operadores. Es importante que todos los nodos tengan el enodebid bien configurado, cuando un nodo pasa de estar en exclusión a *Sharing* el identificador único

cambiará y se podrían producir degradaciones de *handover* cuando las celdas externas siguen definidas con su antiguo enodebid.

#### 4.2.9 Gnodebid

Es el identificador único del nodo NR, estos identificadores se formarán de forma diferente si el nodo tiene uno o más operadores. La única diferencia con el enodebid es su estructura, así se evitan colisiones:

$$Gnodebid = 2.000.000 + Enodebid$$

#### 4.2.10 TAC (Tracking Area Code)

Es el código de área de seguimiento de cada celda, será común para un conjunto de nodos LTE. Cada provincia compone TACs distintos y se tendrá que diferenciar de los TAC NB-IoT para evitar el solape ya que podría producir problemas de *handover*. En esta ilustración se puede ver los diferentes TACs para las celdas de LTE:

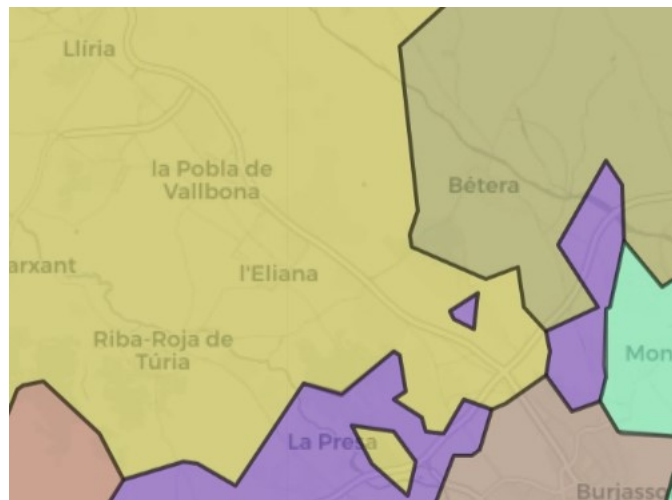


Ilustración 18. TACs

Las celdas de NR se configurararán con el mismo TAC que las celdas LTE.

#### 4.2.11 Comandos de DSS (Dynamic Spectrum Sharing)

Como se ha explicado en el apartado de quinta generación el DSS es la compartición dinámica del espectro para que LTE y NR coexistan con las mismas frecuencias, para ello habrá unos comandos clave para que estas celdas cursen tráfico. Estos comandos son:

```
ADD GNBULTENRSPCTSHRCG:NRSPCTSHRCELLGRPID=5,LTSPCTSHRCELLGRPID=5;  
ADD NRDUCELLSPCTCLOUD:NRDUCELLID=X,NRSPCTSHRCELLGRPID=5;  
ADD SPECTRUMCLOUD:LOCALCELLID=X,SPECTRUMCLOUDSWITCH=LTE_NR_SPECTRUM_SHR,LTENRSPCTSHRCELLGRPID=5;  
ADD CELLRESERVE:LOCALCELLID=X,INDEX=1,RBRSVMODE=LNR_SPECTRUM_SHR_RB_RESERVED,RBRSVTYPE=UPLINK_MODE,RBRSVSTARTINDEX=1,RBRSVENDINDEX=48;
```

Ilustración 19. Comandos importantes en el DSS

A la hora de asignar el rango ID hubo colisiones entre operadores, así que cambiaron la normativa para que el operador propietario tuviese un rango de 0-8 y el beneficiario tuviese el rango de 9-15. Los dos primeros comandos pertenecen a NR y los dos últimos a LTE, donde se debería de configurar con NRDUCELLIDs de N700/N2100 y LOCALCELLIDs de L700/L2100.

#### 4.2.12 Definición de vecindades

La definición de las vecindades es tan importante como la configuración de cada celda, una correcta definición influirá en el *handover* entre celdas. Se diferenciará entre vecindades cosite (vecindades entre celdas del mismo nodo) y vecindades intersite (vecindades entre celdas de

distintos nodos), algunas de estas vecindades se cargarán de forma manual y otras serán automáticas mediante el ANR. El *Automatic Neighbor Relation* (ANR) es una función que trata de definir automáticamente las relaciones de vecindad y su configuración. Así evita la tediosa definición manual de vecindades por operador.

En este esquema se pueden ver los diferentes comandos que se utilizarán para la definición de vecindades entre tecnologías y que a continuación explicaremos en más detalle:

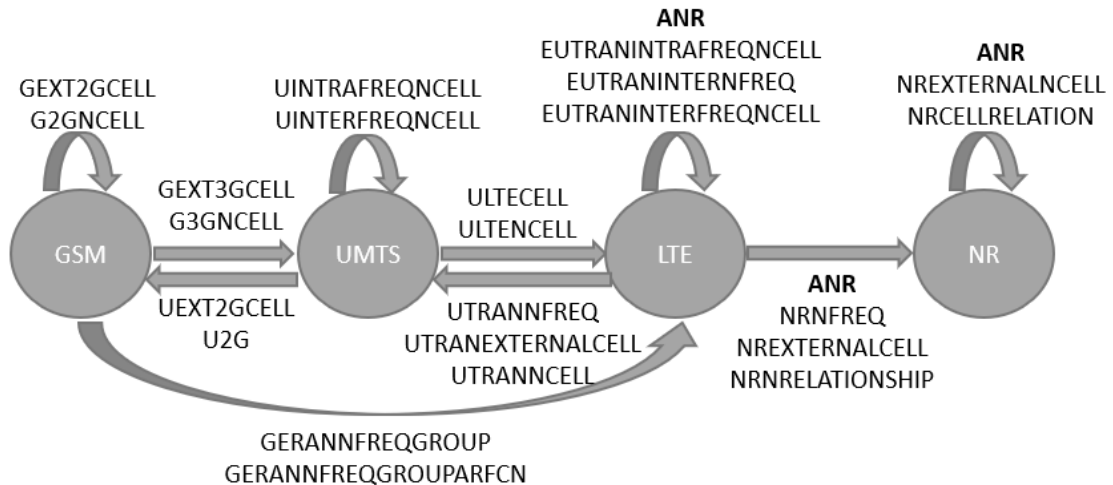


Ilustración 20. Esquema de relación de vecindades

#### 4.2.12.1 Definición de vecindades en la BSC

Cuando se definen vecindades de GSM en diferentes BSCs habrá que definir primero las externas, si ambas celdas se encuentran en la misma BSC no será necesario este comando.

```
ADD GEXT2GCELL:EXT2GCELLNAME="CELDA_S1",MCC="",MNC="",LAC=,CI=,BCCH=,NCC=,BCC=,OPNAME="ORANGE";
```

Ilustración 21. Comando GEXT2GCELL

Si la BSC ya conoce la celda vecina se procederá a definir la relación de vecindad de GSM. Se tienen que definir las vecindades entre celdas cosite y entre las celdas de primera corona, hay un límite por celda de 32 vecindades, por lo tanto, habrá que priorizar los sectores que estén directamente orientados a nuestra celda.

```
ADD G2GNCELL:IDTYPE=BYNAME,SRC2GNCELLNAME="CELDA_S1",NBR2GNCELLNAME="CELDA_DESTINO",NCELLTYPE=HANDOVERNCELL,SRCHOCTRLSWITCH=HOALGORITHM1;
```

Ilustración 22. Comando G2GNCELL

Para la definición de vecindades 2G-3G se definirán primero las externas y después la relación de vecindad en la BSC. También se tendrán que definir las vecindades cosite y entre celdas de la primera corona. Como en las relaciones 2G-2G, también habrá un límite de 32 vecindades.

```
ADD GEXT3GCELL:EXT3GCELLNAME="CELDA_3G_S1",MCC="",MNC="",LAC=,CI=,RNCID=,DF=,SCRAMBLE=,RA=;
ADD G3GNCELL:IDTYPE=BYNAME,SRC3GNCELLNAME="CELDA_2G_S1",NBR3GNCELLNAME="CELDA_3G_S1";
```

Ilustración 23. Comandos GEXT3GCELL y G3GNCELL

#### 4.2.12.2 Definición de vecindades en la RNC

Cuando se definen vecindades entre celdas UMTS-GSM en diferentes RNCs habrá que definir primero las externas, en este caso a diferencia de las externas en GSM será necesario definir las siempre ya que se tiene que asignar un GSMCELLINDEX único por RNC.

```
ADD UEXT2GCELL:GSMCELLINDEX=X,GSMCELLNAME="CELDA_2G_S1",MCC="",MNC="",LAC=,RAC=,CID=,NCC=,BCC=,BCCHARFCN=;
```

*Ilustración 24. Comando UEXT2GCELL*

Cuando se definan las relaciones 3G-2G en vez de utilizar el etiquetado de la celda se utilizará el GSMCELLINDEX para identificar las celdas de 2G y el CELLID para identificar las celdas 3G. Como las demás vecindades, se deberán definir las cosite y las relaciones de primera corona.

```
ADD U2GNCELL:RNCID=,CELLID=,GSMCELLINDEX=X,BLINDHOFLAG=FALSE,NPRIOFLAG=FALSE;
```

*Ilustración 25. Comando U2GNCELL*

Para la definición de vecindades 3G-3G tampoco se utilizará el etiquetado de las celdas, se utilizarán los CELLIDs. La diferencia que hay entre ambos comandos es que su definición depende de la banda de frecuencia, si la definición fuese de U900-U900 o U2100-U2100 se haría uso del comando UINTRA y si su definición fuese U900-U2100 o viceversa se haría uso del comando UINTER. Si la RNC no conociese nuestra definición de celda también tendríamos que definir las externas como en 2G.

```
ADD UINTRAFREQNCELL:RNCID=,CELLID=,NCELLRNCID=,NCELLID=;  
ADD UINTERFREQNCELL:RNCID=,CELLID=,NCELLRNCID=,NCELLID=;
```

*Ilustración 26. Comandos UINTRAFREQNCELL y UINTERFREQNCELL*

En cada RNC habrá celdas genéricas diferenciadas por banda LTE con parámetros a 0 como el TAC y el PCI, así se podrán realizar las relaciones 3G-4G. Cada banda tendrá un LTECELLINDEX y EUTRANCELLID, para que así se pueda relacionar el CELLID de nuestra celda 3G con el LTECELLINDEX perteneciente a cada frecuencia 4G.

```
ADD ULTECELL:LTECELLINDEX=XXXX,LTECELLNAME="",EUTRANCELLID=X,MCC="",MNC="",TAC=0,CNOPGRPINDEX=0,CELLPHYID=0,LTEBAND=X,LTEARFCN=X;  
ADD ULTENCELL:RNCID=,CELLID=,LTECELLINDEX=;
```

*Ilustración 27. Comandos ULTECELL y ULTENCELL*

#### 4.2.12.3 Definición de vecindades en el nodo 4G

Se prepara una reselección de comandos 2G-4G que se cargan directamente en el nodo en cada celda LTE. Estos comandos consideran la banda GSM y todas las frecuencias BCCHs explicadas anteriormente posibles.

```
ADD GERANNFREQGROUP:LOCALCELLID=,BCCHGROUPID=0,STARTINGARFCN=974,BANDINDICATOR=GSM_dcs1800;  
ADD GERANNFREQGROUPARFCN:LOCALCELLID=,BCCHGROUPID=0,GERANARFCN=0;
```

*Ilustración 28. Comandos GERANNFREQGROUP y GERANNFREQGROUPARFCN*

Esta definición de comandos es muy importante para que se pueda realizar CSFB, primero habrá que definir la banda de frecuencia 3G necesaria mediante el comando UTRANNFREQ, después se creará la definición de celda UMTS mediante el comando UTRANEXTERNALCELL y por último mediante el comando UTRANNCCELL se definirá la relación de vecindad LTE-UMTS, que deberá de ser por cada celda LTE y para cada celda UMTS.

```
ADD UTRANNFREQ:LOCALCELLID=,UTRANDLARFCN=;  
ADD UTRANEXTERNALCELL:MCC="",MNC="",RNCID=,CELLID=,UTRANDLARFCN=,RAC=,PSCRAMBCODE=,LAC=,CELLNAME="CELDA_3G_S1";  
ADD UTRANNCCELL:LOCALCELLID=,MCC="",MNC="",RNCID=,CELLID=,LOCALCELLNAME="CELDA_4G_S1",NEIGHBOURCELLNAME="CELDA_3G_S1";
```

*Ilustración 29. Comandos 4G-3G*

Para la definición de vecindades con celdas 4G diferentes al propio nodo se utilizará el comando EUTRANEXTERNALCELL, comando que no se utilizará de forma manual ya que se hará uso del ANR como se ha comentado anteriormente. Para la definición de vecindades de la misma banda frecuencia se utilizará el comando EUTRANINTRAFREQNCELL y para la definición de vecindades de distintas bandas de frecuencia se utilizarán los comandos EUTRANINTERFREQ y EUTRANINTERFREQNCELL.

```
ADD EUTRANINTRAFREQNCELL:LOCALCELLID=,MCC="",MNC="",ENODEBID=,CELLID=,LOCALCELLNAME="CELDA_4G_S1",NEIGHBOURCELLNAME="CELDA_4G_S2";
ADD EUTRANINTERFREQ:LOCALCELLID=,DLARFCN=;
ADD EUTRANINTERFREQNCELL:LOCALCELLID=,MCC="",MNC="",ENODEBID=,CELLID=,LOCALCELLNAME="CELDA_4G_S1",NEIGHBOURCELLNAME="CELDA_4G_S1";
```

Ilustración 30. Comandos 4G-4G

Para la definición de vecindades 4G-5G primero se deberá definir la frecuencia de 5G, después crearemos las externas y por último crearemos la relación de vecindad entre celdas LTE y NR mediante el comando NRNRELATIONSHIP.

```
ADD NRNFREQ:LOCALCELLID=,DLARFCN=,SUBCARRIERSPACING=15KHZ,ULARFCNCONFIGIND=NOT_CFG;
ADD NREXTERNALCELL:MCC="",MNC="",GNODEBID=,CELLID=,DLARFCN=,ULARFCNCONFIGIND=NOT_CFG,PHYCELLID=, TAC=;
ADD NRNRELATIONSHIP:LOCALCELLID=,MCC="",MNC="",GNODEBID=,CELLID=;
```

Ilustración 31. Comandos 4G-5G

El ANR definirá las externas cuyo comando será NREXTERNALNCELL, así que se deberá crear únicamente las vecindades 5G-5G de la misma banda y diferentes bandas con el comando NRCELLRELATION.

```
ADD NRCELLRELATION:NRCELLID=,MCC="",MNC="",GNBID=,CELLID=;
```

Ilustración 32 Comandos 5G-5G

### 4.3 Potencias

La potencia en la que configuramos las celdas depende de cada banda de frecuencia, los operadores y el modelo de RRU que se utilice. Aquí tenemos un ejemplo con los modelos de RRU más comunes y el máximo de potencia que soportan:

	RRU5509t B28/B20/B8	RRU5515t B28/B20/B8	RRU5502w B3/B1	RRU5304 B7
<b>Características</b>				
Bandas soportadas	700/800/900Mhz	700/800/900Mhz	1800/2100Mhz	2600Mhz
TxRx	2T4R	2T2R	4T4R	4T4R
Potencia	2x140w	2x120w	4x80w	4x60w

Tabla 7. Potencia soportada según la RRU

Para frecuencias bajas no puede sobrepasar el límite de 140W por boca, asignando 10W por portadora a G900, 40W a U900 y 20W a LNR700. Para frecuencias medias no puede sobrepasar los 80W, donde se asignan 20W a L1800 y otros 20W a LNR2100. Para frecuencias altas no hay problema, ya que se asignan 20W a L2600 y aunque hubiese otro operador nunca superaría el máximo.

#### 4.4 Proceso de integración de la Estación base

El departamento de infraestructuras realiza la instalación de todos los equipos según el CAP correspondiente al informe de diseño radio y mientras esto ocurre, el departamento de operaciones cuando tenga gestión con la controladora cargará todas las plantillas con la parametrización única que se han generado desde el departamento de implementación.

Una vez cargadas esas plantillas, desde el departamento de implementación se encargarán de revisar los LOGs. Estos documentos contienen la información de lo que se ha cargado en el gestor y lo que no se ha cargado mediante mensajes de error.

Cuando la instalación sea correcta y esta primera comprobación de lo que se ha cargado en el gestor también lo sea, se dará por finalizado el proceso de integración y se llevará a cabo el proceso de encendido de celdas. Simultáneamente se realizará la segunda comprobación de lo que se ha cargado en el gestor mediante los ABKIs, informes en los cuales se revisarán toda la parametrización y el *Received Signal Strength Indicator* (RSSI).

A continuación, mediante el siguiente flujograma se podrán visualizar todas las tareas previas y posteriores al proceso de integración:

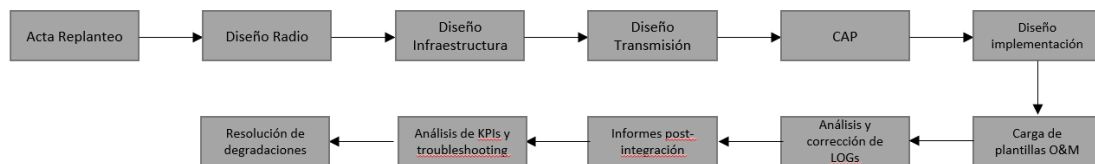


Ilustración 33. Tareas del departamento Network Engineering

## 5. Troubleshooting

### 5.1 Business Objects

Business Objects es una herramienta para la gestión del rendimiento, la planificación, los informes, las consultas y los análisis. Permite que las organizaciones integren sus datos y su objetivo es convertir esos datos en información útil y significativa.

En este proyecto se utilizará el software de Business Objects, para así obtener los informes que se pueden obtener mediante la base de datos que contiene toda la información de los distintos operadores. Estos KPIs servirán para comprobar qué ha fallado en el proceso de integración y así remediarlo.

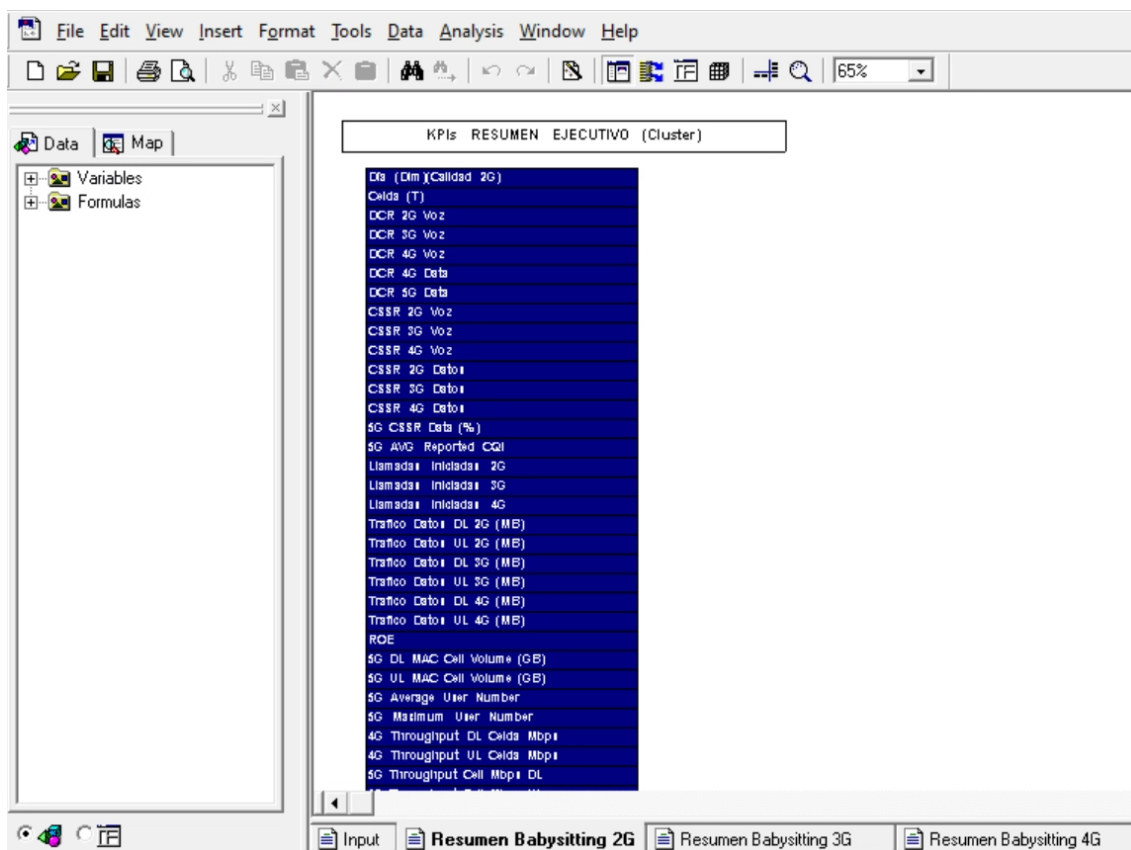


Ilustración 34. Business Objects

A continuación, se verán todos los KPIs que se analizarán en el siguiente apartado de nuestro diseño radio.

## 5.2 Número de desconexiones de voz

Cuando el abonado recibe un móvil, un intercambio de señalización es iniciado entre la estación móvil y el *Public Land Mobile Network* (PLMN), red que proporciona servicios terrestres móviles al público y que cada operadora tiene el suyo propio.

Para el proceso de inicio de llamadas se sigue una serie de pasos. El primero es la petición aleatoria de acceso que hace la estación móvil a la controladora mediante la BTS. Dependiendo de la disponibilidad, la BSC asignará un canal de señalización (SDCCH) a la estación móvil. A continuación, la BSC establece una conexión mediante la estación móvil y la MSC. La estación móvil admite la conexión y envía una petición a la MSC, la MSC realiza un proceso de autenticación del abonado y si ese proceso es incorrecto, se realizarán las desconexiones de voz.

Por lo tanto, una correcta definición de inners y su carga en las MSCs adecuadas interfiere en el número de desconexiones de voz.

## 5.3 DCR (*Drop Call Rate*)

El DCR (*Drop Call Rate*) es el porcentaje de llamadas caídas en función de su tráfico cursado. Al ser un contador que depende del tráfico habrá que tener en cuenta que, si se está cursando poco y hay alguna caída, se puede desvirtualizar este valor.

#### **5.4 CSSR (*Call Setup Success Rate*)**

El CSSR (*Call Setup Success Rate*) es un KPI que refleja la accesibilidad del servicio, cuando un intento de llamada es considerado exitoso cuando el número al que se ha llamado está ocupado. Es decir, se analiza el número de llamadas establecidas en función a las peticiones. En semejanza con el contador anterior, influye el tráfico además del número de bloqueos.

#### **5.5 Tráfico**

Con esta monitorización se puede saber el comportamiento de los terminales que se conectan a cada una de las celdas. Está relacionado con las caídas, ya que a mayor tráfico mayor número de caídas. El tráfico fluctúa cada día, las degradaciones pueden ser puntuales por algún evento o festivo, o se podría deber a una mala parametrización.

También está el caso donde las celdas de NR no cursan tráfico, esto se puede deber a una mala configuración en el gestor, falta de parametrización DSS o falta de vecinas 4G-5G.

#### **5.6 HO (*Handover*)**

El *handover* o la movilidad es un traspaso de servicio de una celda a otra, esto garantiza que no se pierda la cobertura. Puede clasificarse según la frecuencia, la tecnología, el evento (como CSFB y SRVCC de las cuales se hablará próximamente), etc.

El *Hard Handover* utilizado en GSM, se refiere al cambio de estación base dejando durante un tiempo al terminal móvil sin servicio, así la conexión con la estación base inicial será interrumpida para conectarse con otra.

El *Soft Handover* se refiere al traspaso donde el terminal móvil está conectado a un canal de la estación base inicial y a otro canal de la estación base final. La transmisión es un proceso que se produce en paralelo por ambos canales, a diferencia del *Hard Handover* no habrá interrupciones.

El *Intracell Handover* ocurre cuando se cambia de canal radio dentro de la misma celda para así obtener las mínimas interferencias entre canales. El *Intercell Handover* ocurre cuando se cambia de celda en vez de canal.

#### **5.7 MIMO (*Multiple-input and Multiple-output*)**

El MIMO una técnica que consigue el aumento de la tasa de transmisión de datos, ya que se reduce la tasa de error y aumenta la eficiencia espectral. Esta técnica multi-antena se trata de que varias antenas transmitan y reciban, aumentando así la capacidad, la tasa binaria (QoS) y el área de cobertura.

La ventajas de esta técnica para la robustez de transmisión radio son la diversidad temporal, la diversidad en frecuencia y la diversidad espacial. La diversidad temporal tiene la ventaja de poder transmitir el mensaje en diferentes tiempos (utilizar diferentes *timeslots* y canales de codificación), la diversidad en frecuencia puede utilizar diferentes canales de frecuencia y la multiplexación por OFDM. La diversidad espacial hace referencia al uso de distintas antenas localizadas en diferentes posiciones para aprovecharse del entorno.

#### **5.8 CA (*Carrier Aggregation*)**

El CA se utiliza para incrementar el ancho de banda y así aumentar el *bitrate*. LTE-Advanced admite hasta 20MHz de ancho de banda de hasta cinco portadoras, llegando así a un máximo de 100MHz. Como ningún operador tiene un espectro tan grande, hay tres maneras distintas de hacer CA. La manera más fácil sería utilizar portadoras contiguas operando en la misma



banda de frecuencia, esto no puede ser siempre posible por los operadores, así que la forma más utilizada es la no contigua.

En la siguiente imagen se puede ver el ejemplo el modo de no contigua inter-banda. Cada portadora representa un color distinto, las cuales tienen radios distintos y a medida que la frecuencia aumenta su alcance disminuye. El terminal móvil negro puede realizar la agregación de portadoras con cualquiera de las tres bandas a diferencia del terminal móvil blanco que solo puede utilizar dos de las tres bandas disponibles de LTE.

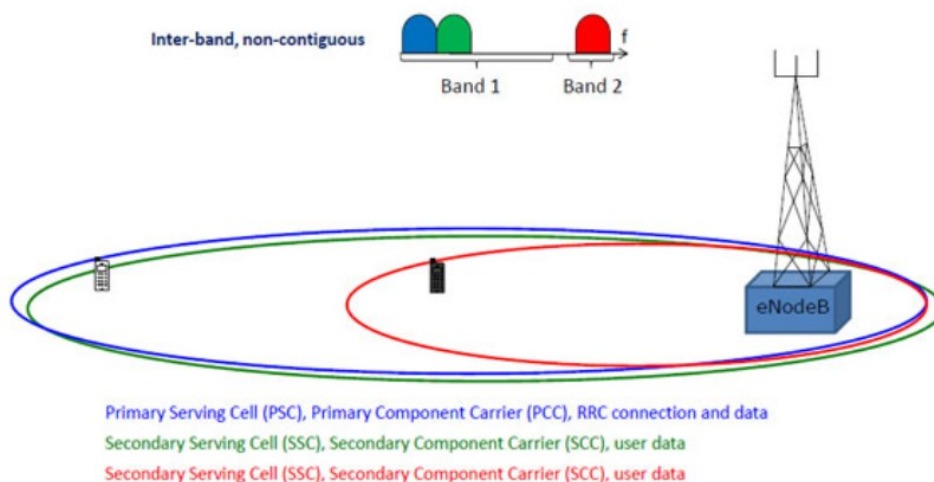


Ilustración 35. Procedimiento de CA inter-banda

Si en el *site* hay más de dos bandas LTE, se tendrá que determinar una serie de prioridades formando así la SCC (*Secondary Component Carrier*). Estas prioridades se podrán definir mediante los comandos que se cargan en el gestor que genera el equipo de implementación.

### 5.9 CSFB (*Circuit Switch Fall Back*)

El CSFB (*Circuit Switch Fall Back*) es un conjunto de procedimientos que permite a los equipos de usuario conectados a redes LTE sin acceso al servicio de voz (VoLTE) acceder a servicios con conmutación de circuitos a dominios UTRAN (3G) o GERAN (2G). Esto supone que la cobertura sea compatible entre 4G, 3G y 2G, las llamadas de voz no se activarán en LTE, sino en UMTS o GSM.

Para ofrecer una rápida transferencia, la red LTE necesita saber la localización del terminal móvil, el MME que es el elemento que gestiona una red de cuarta generación localizando el terminal móvil proporciona la información a la MSC, utilizando la interfaz SG. Esta interfaz también se utiliza para la gestión de movilidad y el procedimiento de *paging*, que es al aviso del MME al terminal móvil.

### 5.10 SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*)

El SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*) es más bien un proceso de *handover* de una llamada de voz que previamente ha empezado en LTE. Es un método de transferencia de llamadas donde un usuario LTE tiene una sesión de voz en *IP Multimedia Subsystem* (IMS) el cual es un conjunto de especificaciones para obtener servicios mediante el protocolo IP, moviéndose hacia áreas sin cobertura LTE pero que tienen cobertura 2G/3G. La mayor ventaja es que la llamada no se desconectará. En la siguiente imagen se puede observar este proceso al dominio CS.

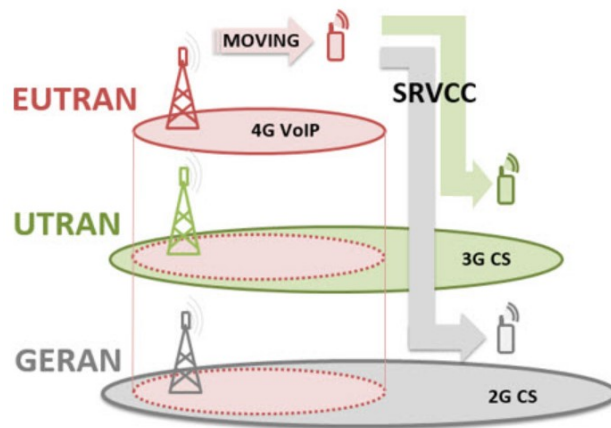


Ilustración 36. Esquema del SRVCC

### 5.11 RSSI (*Received Signal Strength Indicator*)

El RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) indica la interferencia creada en el *uplink*, que genera una degradación de *throughput* y problemas en decodificación que deriva a la degradación de KPIs en el *site*.

Un aumento de tráfico puede provocar un nivel de señal recibido alto, dependerá de los usuarios conectados por cada celda.

En UMTS, el nivel de señal tiene un umbral de -100 dBm y en LTE el umbral es de -114dBm, cuando alguna celda supera estos umbrales se considera que hay un problema de interferencias. A la hora de denunciar que hay interferencias, habrá que identificar si el origen proviene del otro operador, de elementos del entorno (interferencias externas) o de la propia instalación (PIM o ROE).

## 6. Análisis y resultados

Para nuestro diseño radio haremos uso del emplazamiento *Sharing*. En concreto se tratará de Cruzado NCR, que como se ha explicado anteriormente las plantillas se tendrán que crear de cero para todas las tecnologías. En este caso, solo se realizarán las plantillas de un operador, ya que el otro *vendor* tendrá que enviarnos las convenientes del operador restante.

La localización de nuestro emplazamiento será en Valencia, en un entorno urbano. A continuación, tenemos la localización exacta extraída de *Google Earth*:

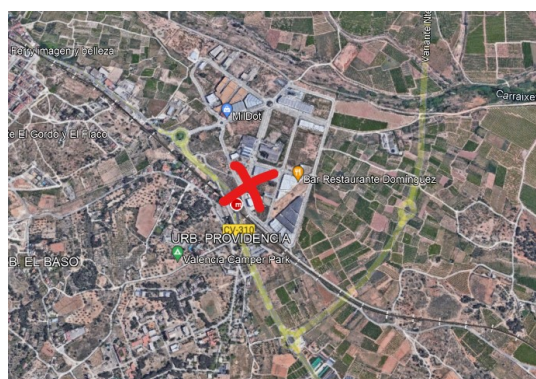


Ilustración 37. Localización del emplazamiento

La configuración más común y la que utilizaremos en este diseño radio será de tres sectores físicos y tres sectores lógicos, es decir, la parametrización es distinta para cada una de las tres celdas. Haremos uso de la sectorización con los siguientes azimuts en cada sector:

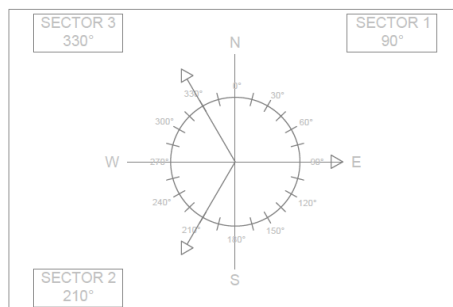


Ilustración 38. Azimut de cada sector

Las bandas de frecuencia en las cuales se va a basar el diseño son las de G900 en GSM (2G), U900 en UMTS (3G), L800/L700/L1800 en LTE (4G) y NR700 en NR (5G).

Necesitaremos un *hardware* determinado como se ha comentado anteriormente para poder implementar el 5G. El sistema radiante que vamos a utilizar para poder implementar la banda de 700MHz será el modelo de antena AQU4518R63v06 y se configurará el siguiente tilt para cada una de las bandas y sectores, donde *M* representa el *tilt* mecánico y *E* se refiere al *tilt* eléctrico:

TILT	GU900		L800		L1800		LNR700	
	M	E	M	E	M	E	M	E
SECTOR 1	0	5	0	7	0	6	0	5
SECTOR 2	0	8	0	8	0	8	0	8
SECTOR 3	0	9	0	6	0	6	0	9

Tabla 8. Tilt eléctrico y mecánico

El modelo de unidad de banda base que utilizaremos será BBU5900. Para poder configurar nuestras celdas de bandas bajas como 2T4R utilizaremos el modelo de unidad de radio remota RRU5909T y para bandas altas utilizaremos el modelo RRU5502w, así se podrán configurar las celdas de L1800 como 4T4R .

Para la fase de implementación definiremos la nomenclatura que vamos a utilizar para cada una de nuestras celdas dependiendo de las tecnologías:

<b>Tecnologías</b>	<b>Nomenclatura Sector 1</b>	<b>Nomenclatura Sector 2</b>	<b>Nomenclatura Sector 3</b>
G900	VALX0000A1	VALX0000A2	VALX0000A3
U900	VALX0000B1	VALX0000B2	VALX0000B3
L800	VALX0000E1	VALX0000E2	VALX0000E3
L700	VALX0000D1	VALX0000D2	VALX0000D3
N700	VALX0000J1	VALX0000J2	VALX0000J3
L1800	VALX0000F1	VALX0000F2	VALX0000F3

*Tabla 9. Nomenclatura de las celdas*

Una vez tenemos la nomenclatura de las celdas pasaremos a nombrar la parametrización de cada una de nuestras celdas. Los parámetros más importantes comentados anteriormente para la banda de G900 son:

<b>Celdas</b>	<b>BCCH</b>	<b>LAC</b>	<b>RAC</b>	<b>CI</b>
VALX0000A1	975	18100	69	6444
VALX0000A2	991	18100	69	6445
VALX0000A3	981	18100	69	6446

*Tabla 10. Parámetros de 2G*

Los parámetros más importantes para la banda U900 son:

<b>Celdas</b>	<b>PSC</b>	<b>LAC</b>	<b>RAC</b>	<b>CI</b>
VALX0000B1	16	18100	132	33433
VALX0000B2	24	18100	132	33434
VALX0000B3	32	18100	132	33435

*Tabla 11. Parámetros de 3G*

Los parámetros más importantes para cada banda de las tecnologías de 4G son:

<b>Celdas</b>	<b>PCI</b>	<b>RSI</b>	<b>TAC</b>	<b>EnodebID</b>
VALX0000E1	333	554	18200	63500
VALX0000E2	334	564	18200	63500
VALX0000E3	335	574	18200	63500
VALX0000D1	122	222	18200	63500
VALX0000D2	125	232	18200	63500
VALX0000D3	128	242	18200	63500
VALX0000F1	33	644	18200	63500
VALX0000F2	34	654	18200	63500
VALX0000F3	35	664	18200	63500

*Tabla 12. Parámetros de 4G*

Por último, los parámetros que se van a utilizar para nuestras celdas de 5G son:

Celdas	PCI	RSI	TAC	GnodebID
VALX0000J1	22	121	18200	2063500
VALX0000J2	23	131	18200	2063500
VALX0000J3	24	141	18200	2063500

Tabla 13. Parámetros de 5G

Una vez definidas las plantillas con todos los parámetros, además de haber creado las *inners*, *áreas* y *vecindades*, el departamento de Operaciones cargará las celdas y los ficheros en el gestor. El departamento de Operaciones nos devuelve los LOGs para ver los posibles fallos manuales y procederán a encender las celdas para revisar las posibles degradaciones que puedan ocasionar.

El siguiente paso será sacar una consulta de *Business Objects* sobre las celdas de G900 donde la única degradación se encuentra en el número de desconexiones por voz:

KPI	KPI Relevance	VALX0000A1		VALX0000A2		VALX0000A3	
		Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple
1 2G_CDR_SPEECH	<2%	0,50	CUMPLE	0,63	CUMPLE	0,00	CUMPLE
6 2G_CSSR_SPEECH	> 98.0%	99,63	CUMPLE	99,59	CUMPLE	99,91	CUMPLE
7 3G_CSSR_CS	> 98.0%						
8 4G_CSSR_CS (VoLTE)	> 95%						
9 2G_CSSR_DATA	> 98.0%	98,99	CUMPLE	99,40	CUMPLE	99,30	CUMPLE
0 3G_CSSR_PS	> 98.0%						
1 4G_CSSR_PS	> 96%						
2 5G_CSSR_PS	> 96%						
4 5G Average Reported CQI (%)	> 5						
5 2G Initiated calls	> 0	3,50	CUMPLE	171,50	CUMPLE	28,00	CUMPLE
6 3G Initiated calls	> 0						
7 4G VoLTE Initiated calls	> 0						
8 2G DL Data traffic (KB)	Accountable Traffic	17,18	RELATIVO	15,18	RELATIVO	17,72	RELATIVO
9 2G UL Data traffic (KB)	Accountable Traffic	12,83	RELATIVO	11,83	RELATIVO	10,79	RELATIVO
5 ICBand 2G (% Samples >=3)	5%	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE
6 RSSI 3G	< -100 dBm (0.5)						
7 Interference 4G PUSCH UL (RSSI UL 4G)	< -114 dBm (0.5)						
8 5G RSSI (dBm)	< -114 dBm (0.5)						
9 2G Cell Availability (%)	99%	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE
0 3G Cell Availability (%)	99%						
1 4G Cell Availability (%)	99%						
2 5G Cell Availability (%)	99%						
3 NB-IoT Cell Availability	99%						
4 4G MIMO (Rank2) (%)	> 10%						
5 4G MIMO (Rank4) (%)	> 0%						
6 LCSFB.E2W (%)	> 0						
7 HO over X2 (%)	> 0						
8 CA in Primary Cell	> 0%						
9 CA in Secondary Cell	> 0%						
0 Number of speech disconnections	< 2	50,00	NO CUMPLE	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE

Ilustración 39. Consulta celdas 2G

También se puede comprobar en una consulta de la BSC donde están cargadas las celdas de 2G:

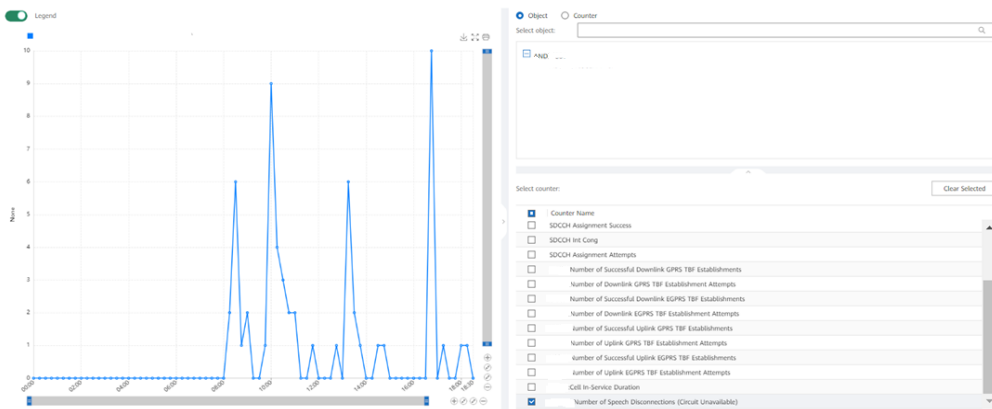


Ilustración 40. Desconexiones de voz (2G)

Esta degradación se debe a la mala definición de las *inners* o que directamente no se hayan definido todos los comandos en las MSCs necesarias, habrá que revisar en los LOGs el posible error.

Se puede observar claramente que el fallo se encuentra en la definición de *inners* asociando un CI incorrecto:

```
@connect("MSC")
MGCEE: cell=VALX0000A1;
MGCEI: cell=VALX0000A1, cgi=MCC-MNC-18100-06443, bsc=BSCVAL;
MGCEC: cell=VALX0000A1, ea=46;
MGLNI: locno=4-346564690006443;
MGLCI: cell=VALX0000A1, locno=4-346564690006443;
```

Ilustración 41. Definición de *inners* errónea

Una vez se modifica el CI por 6444 y el departamento de Operaciones hace una recarga del fichero se dejan de producir desconexiones de voz en esa celda:

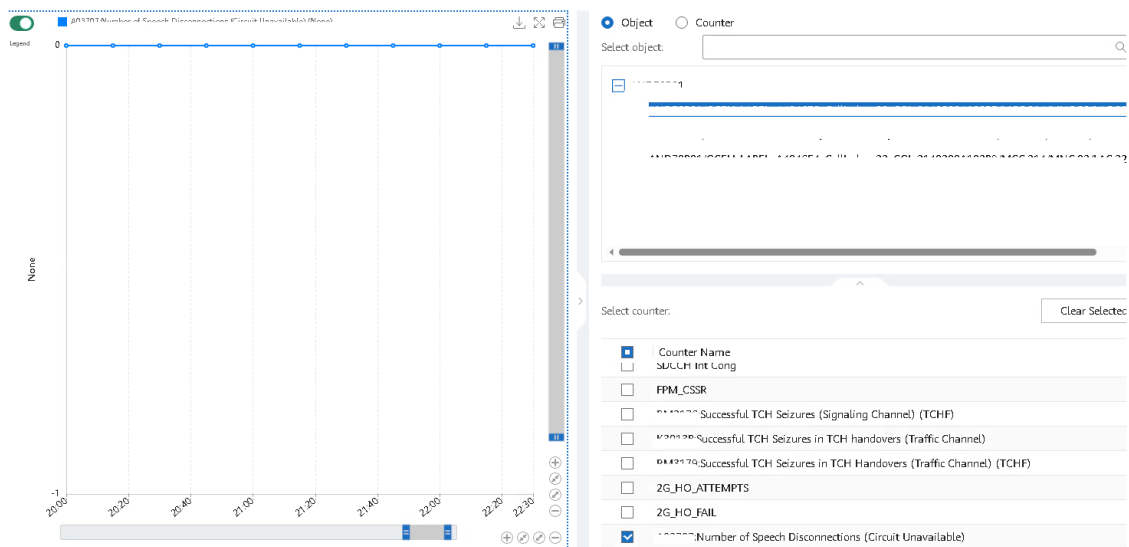


Ilustración 42. Desconexiones de voz (2G)

A continuación, se procederá a sacar el informe de las celdas 3G, donde se puede comprobar que todos los KPIs están correctamente y no hace falta ninguna corrección. Las degradaciones en las celdas de 3G suelen ser menos comunes.

KPI	KPI Relevance	Cumple	VALX0000B1		VALX0000B2		VALX0000B3	
			Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple
2G_CDR_SPEECH	<2%							
3G_CDR_SPEECH	<2%		0,00	CUMPLE	1,68	CUMPLE	0,67	CUMPLE
4G_DCR_CS (VoLTE)	<2%	CUMPLE						
4G_DCR_DATA	<15%	CUMPLE						
5G_DCR_DATA	<15%							
2G_CSSR_SPEECH	> 98,5%							
3G_CSSR_CS	> 98,5%		100,00	CUMPLE	99,31	CUMPLE	99,90	CUMPLE
4G_CSSR_CS (VoLTE)	> 95%	CUMPLE						
2G_CSSR_DATA	> 98,5%							
3G_CSSR_PS	> 98,5%		100,00	CUMPLE	99,53	CUMPLE	99,89	CUMPLE
4G_CSSR_PS	> 96%	CUMPLE						
5G_CSSR_PS	> 96%							
5G Average Reported CQI (%)	> 5							
2G Initiated calls	> 0							
3G Initiated calls	> 0		13,50	CUMPLE	350,50	CUMPLE	410,50	CUMPLE
4G VoLTE Initiated calls	> 0	CUMPLE						
2G DL Data traffic (KB)	Accountable Traffic							
2G UL Data traffic (KB)	Accountable Traffic							
ICMBand 2G (% Samples >=3)	5%							
RSSI 3G	< -100 dBm (0.5)		-104,21	CUMPLE	-103,01	CUMPLE	-101,99	CUMPLE

Ilustración 43. Consulta celdas 3G

El informe de las celdas de L800 muestran cómo hay degradación de RSSI, además también muestra como el MIMO Rank4 no aplica debido a que las celdas de bandas bajas están configuradas como 2T4R:

KPI	KPI Relevance	Cumple	VALX0000E1		VALX0000E2		VALX0000E3	
			Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple
1 2G_CDR_SPEECH	<2%							
2 3G_CDR_SPEECH	<2%							
3 4G_DCR_CS (VoLTE)	<2%		0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE	0,45	CUMPLE
4 4G_DCR_DATA	<15%		0,20	CUMPLE	0,04	CUMPLE	0,04	CUMPLE
7 3G_CSSR_CS	> 98,5%							
8 4G_CSSR_CS (VoLTE)	> 95%		97,91	CUMPLE	98,66	CUMPLE	99,92	CUMPLE
9 2G_CSSR_DATA	> 98,5%							
10 3G_CSSR_PS	> 98,5%							
11 4G_CSSR_PS	> 96%		99,76	CUMPLE	99,70	CUMPLE	99,87	CUMPLE
12 5G_CSSR_PS	> 96%							
17 4G VoLTE Initiated calls	> 0		238,00	CUMPLE	650,00	CUMPLE	712,00	CUMPLE
18 2G DL Data traffic (KB)	Accountable Traffic							
19 2G UL Data traffic (KB)	Accountable Traffic							
35 ICMBand 2G (% Samples >=3)	5%							
36 RSSI 3G	< -100 dBm (0.5)							
37 Interference 4G PUSCH UL (RSSI UL 4G)	< -114 dBm (0.5)		-111,17	NO CUMPLE	-108,64	NO CUMPLE	-108,81	NO CUMPLE
38 5G RSSI (dBm)	< -114 dBm (0.5)							
39 2G Cell Availability (%)	99%							
40 3G Cell Availability (%)	99%							
41 4G Cell Availability (%)	99%		99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE
44 4G MIMO (Rank2) (%)	> 10%		12,10	CUMPLE	50,04	CUMPLE	31,04	CUMPLE
45 4G MIMO (Rank4) (%)	> 0%		0,00	NA	0,00	NA	0,00	NA
46 L_CSF.B.E2W (%)	> 0		100,00	CUMPLE	99,06	CUMPLE	100,00	CUMPLE
47 HO over X2 (%)	> 0		99,42	CUMPLE	99,47	CUMPLE	99,93	CUMPLE
48 CA in Primary Cell	> 0%		49,27	CUMPLE	46,07	CUMPLE	43,96	CUMPLE
49 CA in Secondary Cell	> 0%		42,12	CUMPLE	71,15	CUMPLE	34,40	CUMPLE
50 Number of speech disconnections	< 2							
51 5G AVERAGE DL MIMO LAYERS USED	> 1,05							
53 %3G calls ending in 2G	< 15%							
54 4G: IntraLTE HO SuccRate_inclPrep vecin	> 70%		99,44	CUMPLE	99,69	CUMPLE	99,94	CUMPLE
55 SRVCC ATT > 0 para toda celda	> 0		21,50	CUMPLE	4,00	CUMPLE	17,00	CUMPLE

Ilustración 44. Consulta celdas 4G L800

Para comprobar el RSSI en las celdas de L800 se ha sacado una consulta donde se ve que las tres celdas superan el umbral -114 dBm y se deberán de denunciar debido al problema de ruido. Se harán pruebas adicionales para poder determinar el origen de la interferencia, que puede ser ocasionado por la propia instalación o a elementos que interfieren en el entorno como hemos comentado anteriormente.

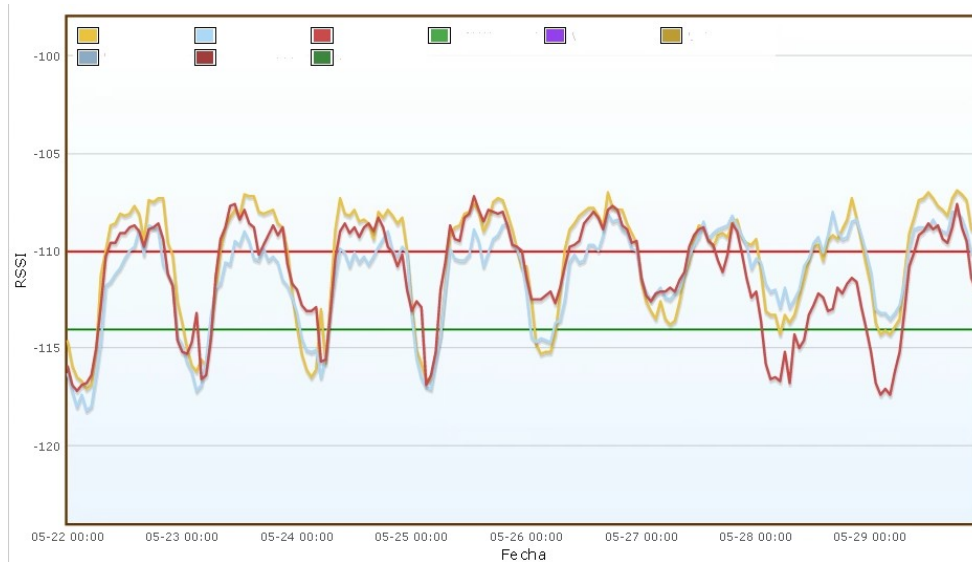


Ilustración 45. RSSI celdas L800

Además, también tendremos el informe con las celdas de L1800 donde encontramos varias degradaciones:

KPI	KPI Relevance	VALX0000F1		VALX0000F2		VALX0000F3	
		Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple
1 2G_CDR_SPEECH	<2%						
2 3G_CDR_SPEECH	<2%						
3 4G_DCR_CS (VoLTE)	<2%	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE
4 4G_DCR_DATA	<15%	0,00	CUMPLE	0,09	CUMPLE	0,00	CUMPLE
7 3G_CSSR_CS	> 98.5%						
8 4G_CSSR_CS (VoLTE)	> 95%	97,91	CUMPLE	98,66	CUMPLE	99,92	CUMPLE
9 2G_CSSR_DATA	> 98.5%						
10 3G_CSSR_PS	> 98.5%						
11 4G_CSSR_PS	> 96%	99,87	CUMPLE	99,70	CUMPLE	99,82	CUMPLE
12 5G_CSSR_PS	> 96%						
17 4G VoLTE Initiated calls	> 0	444,00	CUMPLE	332,00	CUMPLE	532,00	CUMPLE
18 2G DL Data traffic (KB)	Accountable Traffic						
19 2G UL Data traffic (KB)	Accountable Traffic						
35 ICMBand 2G (% Samples >=3)	5%						
36 RSSI 3G	< -100 dBm (0.5)						
37 Interference 4G PUSCH UL (RSSI UL 4G)	< -114 dBm (0.5)	-115,23	CUMPLE	-116,54	CUMPLE	-115,43	CUMPLE
38 5G RSSI (dBm)	< -114 dBm (0.5)						
39 2G Cell Availability (%)	99%						
40 3G Cell Availability (%)	99%						
41 4G Cell Availability (%)	99%	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE
44 4G MIMO (Rank2) (%)	> 10%	12,10	CUMPLE	50,04	CUMPLE	31,04	CUMPLE
45 4G MIMO (Rank4) (%)	> 0%	0,00	NO CUMPLE	0,00	NO CUMPLE	0,00	NO CUMPLE
46 LCSFB.E2W (%)	> 0	100,00	CUMPLE	99,06	CUMPLE	100,00	CUMPLE
47 HO over X2 (%)	> 0	99,42	CUMPLE	99,47	CUMPLE	99,93	CUMPLE
48 CA in Primary Cell	> 0%	49,27	CUMPLE	46,07	CUMPLE	43,96	CUMPLE
49 CA in Secondary Cell	> 0%	0,00	NO CUMPLE	0,00	NO CUMPLE	0,00	NO CUMPLE
50 Number of speech disconnections	< 2						
51 5G AVERAGE DL MIMO LAYERS USED	> 1,05						
53 %3G calls ending in 2G	< 15%						
54 4G: IntraLTE HO SuccRate_inclPrep vecin	> 70%	97,32	CUMPLE	99,69	CUMPLE	98,94	CUMPLE
55 SRVCC ATT > 0 para toda celda	> 0	0,00	NO CUMPLE	0,00	NO CUMPLE	0,00	NO CUMPLE

Ilustración 46. Informe de las celdas 4G L1800



La primera degradación que podemos observar en las celdas de L1800 es el MIMO Rank4. Ya que la instalación lo permite, las celdas de L1800 están configuradas como 4T4R, pero el MIMO Rank 4 no está cursando así que debe haber algún fallo en la configuración:

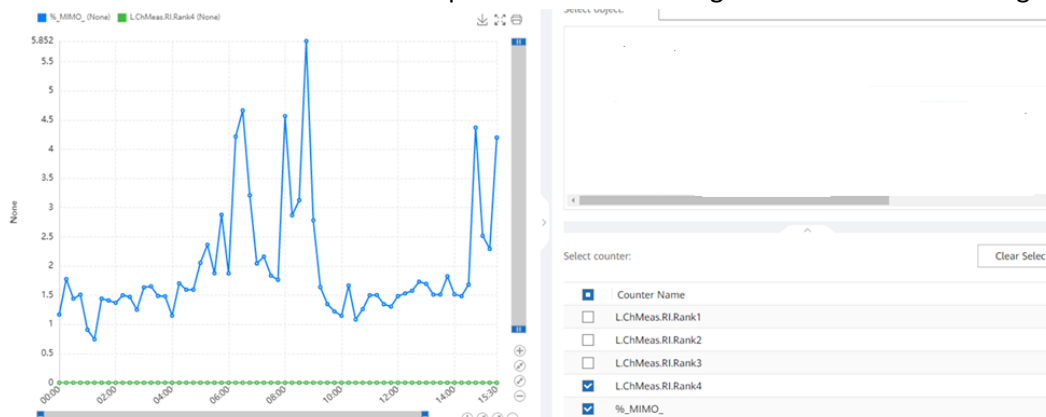


Ilustración 47. MIMO Rank4

En los LOGs que nos devuelve Operaciones se comprueba que el fichero que se adjunta del MIMO no ha sido cargado, por lo tanto, tendremos que cargarlo nosotros desde el gestor:

```

MOD ENODEBALGOSWITCH:COMPATIBILITYCTRLSWITCH=Tm3Tm4Max4LayerCtrlSwitch-1;
MOD ENODEBALGOSWITCH:CompatibilityCtrlSwitch=ApCqiAndAckAbnCtrlSwitch-1;

MOD CELL:LOCALCELLID=XX,CRSPORTNUM=CRS_PORT_4,TRXMODE=4T4R,CRSPORTMAP=4T4P_0321;
MOD CELLDLSCHALGO:LocalCellId=XX,MaxMimoRankPara=SW_MAX_SM_RANK_4;
MOD CELLALGOSWITCH:LocalCellId=XX,DlSchSwitch=AperiodicCqiTrigOptSwitch-1;

MOD CELL:LOCALCELLID=XX,CRSPORTNUM=CRS_PORT_4,TRXMODE=4T4R,CRSPORTMAP=4T4P_0321;
MOD CELLDLSCHALGO:LocalCellId=XX,MaxMimoRankPara=SW_MAX_SM_RANK_4;
MOD CELLALGOSWITCH:LocalCellId=XX,DlSchSwitch=AperiodicCqiTrigOptSwitch-1;

MOD CELL:LOCALCELLID=XX,CRSPORTNUM=CRS_PORT_4,TRXMODE=4T4R,CRSPORTMAP=4T4P_0321;
MOD CELLDLSCHALGO:LocalCellId=XX,MaxMimoRankPara=SW_MAX_SM_RANK_4;
MOD CELLALGOSWITCH:LocalCellId=XX,DlSchSwitch=AperiodicCqiTrigOptSwitch-1;

```

Ilustración 48. Comandos configuración MIMO Rank4

Una vez cargados, se procede a revisar en el gestor si cursa el MIMO Rank 4:

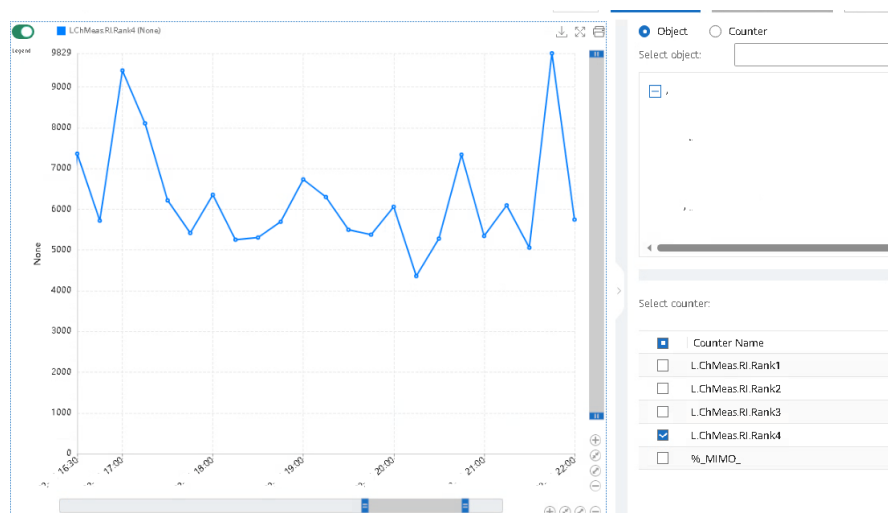


Ilustración 49. MIMO Rank4 después de las modificaciones

La segunda degradación que se puede observar es el *Carrier Aggregation Secondary Cell*, revisando los LOGs se puede comprobar como los comandos para hacer la relación entre los LOCALCELLID de L1800 y L800/L700 no han sido cargados. Habría que cargarlos en el gestor con el *Enodebid* correspondiente para que las celdas de L1800 empezasen a cursar CA SCell:

```
ADD CAGROUPSCCELLCFG: LOCALCELLID=XX, SCENODEBID=63500, SCCELLLOCALCELLID=XX, SCCELLBLINDCFGFLAG=FALSE;
ADD CAGROUPSCCELLCFG: LOCALCELLID=XX, SCENODEBID=63500, SCCELLLOCALCELLID=XX, SCCELLBLINDCFGFLAG=FALSE;
ADD CAGROUPSCCELLCFG: LOCALCELLID=XX, SCENODEBID=63500, SCCELLLOCALCELLID=XX, SCCELLBLINDCFGFLAG=FALSE;
```

Ilustración 50. Comandos CA SCell

Tras cargar los comandos se puede observar como las celdas de L1800 empiezan a cursar CA SCell:



Ilustración 51. CA SCell después de las modificaciones

Por último, la degradación que faltaría de las celdas L1800 es el SRVCC. Como se ha comentado anteriormente, el SRVCC es más bien un proceso de *handover* de una llamada de voz que previamente ha empezado en LTE, algunas veces la configuración de las celdas 4G no son del todo correctas y se deben cargar comandos adicionales para que curse el SRVCC:

```
MOD CELLALGOSWITCH: LOCALCELLID=XX, FREQLAYERSWITCH=UtranFreqLayerMeasSwitch-1&UtranFreqLayerBlindSwitch-1&UtranSrvccSteeringSwitch-1;
MOD CELLHOPARACFG: LOCALCELLID=XX, BLINDH0A1A2THDRSRP=-132, BLINDH0A1A2THDRSRQ=-28, H0MODESWITCH=BlindHoSwitch-1&UtranPsHoSwitch-1;
```

Ilustración 52. Comandos SRVCC

Una vez recargados los comandos se puede ver en la siguiente gráfica como las celdas de L1800 empiezan a cursar SRVCC:

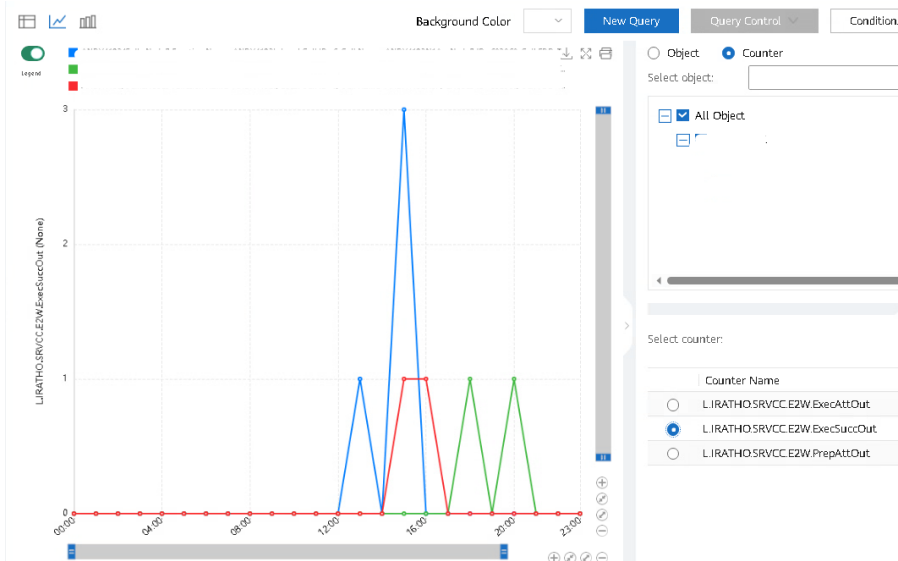


Ilustración 53. SRVCC después de las modificaciones

Por último, se procede a hacer un análisis conjunto de las celdas de L700 y NR700:

KPI	KPI Relevance	VALX0000D1		VALX0000D2		VALX0000D3	
		Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple
2G_CDR_SPEECH	<2%						
3G_CDR_SPEECH	<2%						
4G_DCR_CS (VoLTE)	<2%	54,00	NO CUMPLE	56,60	NO CUMPLE	54,20	NO CUMPLE
4G_CSSR_CS (VoLTE)	> 95%	99,98	CUMPLE	97,65	CUMPLE	98,80	CUMPLE
2G_CSSR_DATA	> 98,5%						
3G_CSSR_PS	> 98,5%						
4G_CSSR_PS	> 96%	100,00	CUMPLE	99,92	CUMPLE	99,92	CUMPLE
4G VoLTE Initiated calls	> 0	2803,00	CUMPLE	7686,00	CUMPLE	12552,00	CUMPLE
2G DL Data traffic (KB)	Accountable Traffic						
2G UL Data traffic (KB)	Accountable Traffic						
4G Downlink Traffic Volume (MB)	Accountable Traffic	3160,06	RELATIVO	14527,43	RELATIVO	22708,21	RELATIVO
4G Uplink Traffic Volume (MB)	Accountable Traffic	270,81	RELATIVO	839,83	RELATIVO	1566,21	RELATIVO
Tput DL 4G	>2 Mbps	11,47	CUMPLE	7,61	CUMPLE	7,53	CUMPLE
Tput UL 4G	>200 Kbps	5,89	CUMPLE	7,75	CUMPLE	2,93	CUMPLE
5G FDD DL Throughput Cell (Mbps)	>2 Mbps						
RSSI 3G	< -100 dBm (0.5)						
Interference 4G PUSCH UL (RSSI UL 4G)	< -114 dBm (0.5)	-116,65	CUMPLE	-116,50	CUMPLE	-117,15	CUMPLE
5G RSSI (dBm)	< -114 dBm (0.5)						
2G Cell Availability (%)	99%						
3G Cell Availability (%)	99%						
4G Cell Availability (%)	99%	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE
5G Cell Availability (%)	99%						
NB-IoT Cell Availability	99%						
4G MIMO (Rank2) (%)	> 10%	13,61	CUMPLE	25,12	CUMPLE	24,30	CUMPLE
4G MIMO (Rank4) (%)	> 0%	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE	0,00	CUMPLE
LCSFB.E2W (%)	> 0	7,00	CUMPLE	29,00	CUMPLE	29,00	CUMPLE
HO over X2 (%)	> 0	100,00	CUMPLE	95,84	CUMPLE	98,31	CUMPLE
CA in Primary Cell	> 0%	73,29	CUMPLE	37,53	CUMPLE	47,95	CUMPLE
CA in Secondary Cell	> 0%	0,95	CUMPLE	1,90	CUMPLE	0,49	CUMPLE
4G: IntraLTE HO SuccRate_inclPrep vecinas	> 70%	98,90	CUMPLE	99,32	CUMPLE	98,32	CUMPLE
SRVCC ATT > 0 para toda celda	> 0	4,00	CUMPLE	1,00	CUMPLE	5,00	CUMPLE

Ilustración 54. Informe de las celdas 4G L700

KPI	KPI Relevance	VALX0000J1		VALX0000J2		VALX0000J3	
		Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple	Cell KPI VALUE	Cumple
1 2G_CDR_SPEECH	<2%						
2 3G_CDR_SPEECH	<2%						
3 4G_DCR_CS (VoLTE)	<2%						
4 4G_DCR_DATA	<15%						
5 5G_DCR_DATA	<15%	0,70	CUMPLE	0,54	CUMPLE	0,64	CUMPLE
6 2G_CSSR_SPEECH	> 98,5%						
11 4G_CSSR_PS	> 96%						
12 5G_CSSR_PS	> 96%	96,50	CUMPLE	98,20	CUMPLE	99,00	CUMPLE
14 5G Average Reported CQI (%)	> 5	10,80	CUMPLE	12,29	CUMPLE	11,71	CUMPLE
13 4G Uplink Traffic Volume (MB)	Accountable Traffic						
14 5G FDD DL Traffic Volume (GB)	Accountable Traffic	0,01	RELATIVO	0,02	RELATIVO	0,03	RELATIVO
15 5G FDD UL Traffic Volume (GB)	Accountable Traffic	0,00	RELATIVO	0,00	RELATIVO	0,00	RELATIVO
18 5G RSI (dBm)	< -114 dBm (0.5)	-115,24	CUMPLE	-115,57	CUMPLE	-115,51	CUMPLE
19 2G Cell Availability (%)	99%						
20 3G Cell Availability (%)	99%						
11 4G Cell Availability (%)	99%						
12 5G Cell Availability (%)	99%	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE	99,99	CUMPLE
10 Number of speech disconnections	< 2						
11 5G AVERAGE DL MIMO LAYERS USED	> 1,05	1,18	CUMPLE	1,26	CUMPLE	1,18	CUMPLE
13 %3G calls ending in 2G	< 15%						
14 4G: IntraLTE HO SuccRate_inclPrep vecinas	> 70%						
15 SRVCC ATT > 0 para toda celda	> 0						
16 5G Intra-SgNB PSCell Change Success Rate	> 95%	10,00	NO CUMPLE	5,00	NO CUMPLE	12,00	NO CUMPLE
17 5G Inter-SgNB PSCell Change Success Rate	> 70%						

Ilustración 55. Informe de las celdas 5G NR700

Al principio se han obtenido problemas para levantar las celdas debido a que la potencia de L700 era diferente a la de NR700, una vez solventado con el departamento de Operaciones nos encontramos el DCR elevado, tratándose de la primera degradación. Analizando la zona donde se encuentra el emplazamiento encontramos los mismos PCIs en celdas de L700 que están a menos de 1.5km.

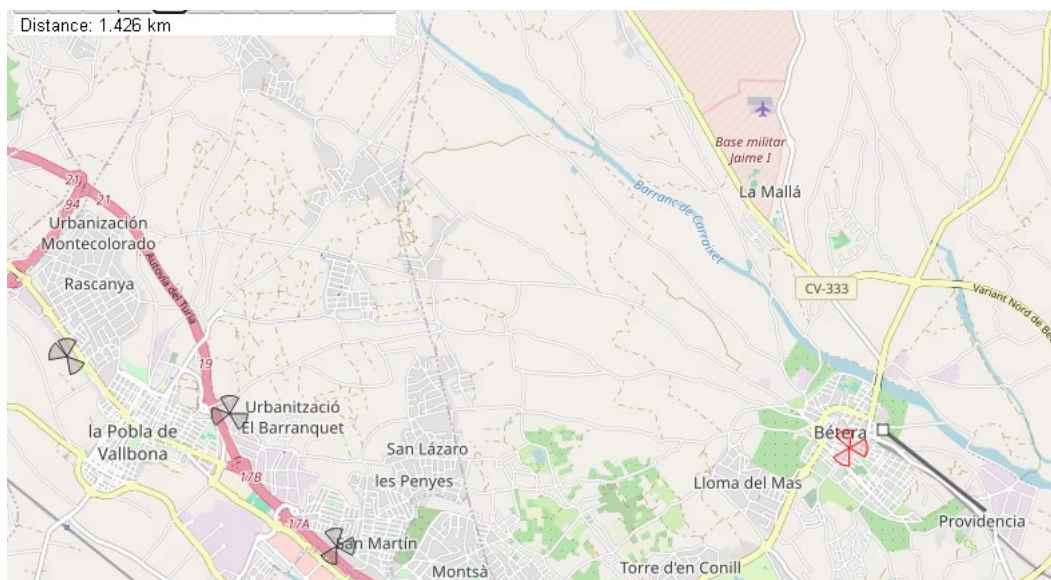


Ilustración 56. Estudio de repetición de PCIs

Este es un fallo recurrente ya que, al haber un despliegue masivo de las celdas, aunque se haya comprobado anteriormente de que estén libres otro vendor puede haber cargado las celdas vecinas con los PCIs idénticos.

Una vez modificados los PCIs en el gestor por otros que estén libres en la zona, el DCR vuelve a valores óptimos:

Fecha	Región	Provincia	Tipo Celda	Nodo	Fabricante	Celda	ML	Down	Lock	Dispo Tot	Dispo	RSSI	VoLTE DCR	VoLTE Rel	VoLTE Drop
Search FECH	Search	Search PROV	Search	Search NODI	Search FABF	Search CE	Search	Search	Search	Search	Search	Search	Search	Search	Search
						81	0	0	100	100	-116.65	0	15	0	0
						81	0	0	100	100	-116.5	0	93	0	0
						81	0	0	100	100	-117.15	0	199	0	0

Ilustración 57. VoLTE DCR después de la modificación de PCIs

Por último, nos centraremos en las degradaciones de 5G, debido a que no cursan casi tráfico las celdas de NR700 nos fijaremos en las vecindades 4G5G que hay cargadas tanto en nuestro nodo como en nodos vecinos. Revisando en el gestor vemos que efectivamente el ANR no ha creado las vecindades necesarias y tendremos que cargarlas directamente en el gestor.

Mediante la herramienta donde hemos visualizado los PCIs podremos sacar un *export* de todas las celdas vecinas de 4G sin importar su tecnología en un radio de 2km, así podremos definir los comandos dependiendo del LOCALCELLID de las celdas vecinas, además de definir nuestro GNODEBID y CELLID referente a nuestras celdas de 5G:

```
ADD NRNRRELATIONSHIP:LOCALCELLID=XX,MCC="214",MNC="03",GNODEBID=2063500,CELLID=XX;
ADD NRNRRELATIONSHIP:LOCALCELLID=XX,MCC="214",MNC="03",GNODEBID=2063500,CELLID=XX;
ADD NRNRRELATIONSHIP:LOCALCELLID=XX,MCC="214",MNC="03",GNODEBID=2063500,CELLID=XX;
```

Ilustración 58. Comandos para aumento de tráfico

En estos casos esperamos a tener el agregado del día en KPIs para ver el aumento de tráfico y efectivamente se aprecia el aumento:

Celda	ML	Down	Lock	Dispo Tot	Dispo	RSSI	% DCR	Conn Rel	Conn Drop	% CSSR	Conn Att	Conn Fail	Inter Change NSA	Traf DL TOT	Traf UL TOT
Search CELLI	Search	Search D	Search L	Search DI	Search D	Search RSS	Search	Search CC	Search C	Search %	Search C	Search C	Search INT	Search TI	Search
C	76	0	0	100	100	-116.36	0.23	1741	4	92.35	706	54	100	0.43	0.13
	76	0	0	100	100	-116.04	0.2	5565	11	81.14	3113	587	100	2.22	0.29
	76	0	0	100	100	-116.6	0.54	4296	23	94.17	1905	111	99.91	5.17	0.35

Ilustración 59. Aumento de tráfico celdas 5G

## 7. Conclusiones

Mediante la realización de este proyecto se ha estudiado la implementación de GSM, UMTS, LTE y NR, analizando los KPIs para solucionar todas las degradaciones detectadas. La metodología que se ha empleado ha seguido los pasos del estado del arte en la implementación y el análisis completo de redes de telecomunicaciones. Todas estas degradaciones han podido ser tratadas en este proyecto debido a la experiencia adquirida en todos estos años en la empresa, ajustándose a la realidad.

También se ha presentado un marco teórico de la evolución de la arquitectura de red de comunicaciones, donde se han utilizado herramientas específicas del operador, pero también genéricas para el sector de las telecomunicaciones.

Para el análisis de este caso se ha elegido un hardware que ha servido para darle mayor autenticidad al proyecto, además de todos los parámetros establecidos para poder llevar a cabo la carga de esas celdas.

Las soluciones que ha habido en cada tipo de degradación de todas las tecnologías han sido acompañadas por gráficas donde los indicadores de rendimiento han llegado a valores óptimos, demostrando las correcciones necesarias que proceden entre el departamento de Implementación y el de Operaciones.

En las etapas iniciales de la implementación de las celdas de L700/NR700, al haber un despliegue masivo de esta tecnología fue muy difícil compaginarlo con el análisis de degradaciones, ya que se requería de mucho tiempo para la creación de plantillas y la creación de comandos relacionados con el DSS. Era algo innovador con lo que no habíamos tratado antes y necesitamos tiempo para solucionar todos los fallos ocasionados.

Cabe destacar que los KPIs entre tecnologías son ligeramente diferentes pero la metodología que se utiliza es muy fácil de adaptar. Además, es necesario entender el despliegue de 2G, 3G y 4G para adaptarlo a las celdas de 5G. En este caso nos hemos centrado en la tecnología de NR700, pero también habrá que adaptarse para las futuras bandas de 5G que se integren como la banda de 3600 MHz.

## Referencias y bibliografía

(R. Zeqiri, 2019, 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), Ankara, Turkey, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISMSIT.2019.)

*¿Cuándo se apagará el 2G y 3G en España?* (n.d.). Retrieved from

<https://www.adslzone.net/noticias/operadores/apagado-2g-3g-planes-2022/>

*¿Qué es Business Objects?* (n.d.). Retrieved from <https://gravitar.biz/business-objects/>

Anmol Khanna, A. B. (2014). "A Critical Review of Mobile Network Technologies".

*Bandas de frecuencia en España: cuáles son y cómo se reparten.* (n.d.). Retrieved from

<https://www.adslzone.net/operadores/en-detalle/frecuencias-moviles-espana/>

*Bandas de frecuencias móviles utilizadas por las operadoras en España para 2G, 3G, 4G y 5G.*

(n.d.). Retrieved from <https://bandaancha.eu/articulos/todas-bandas-frecuencias-2g-3g-4g-5g-10031>

*BSS Overview.* (n.d.). Retrieved from

<https://cosconor.fr/GSM/Divers/Equipment/Nortel/Nortel%20BSS%20overview.pdf>

*Carrier Aggregation explained.* (n.d.). Retrieved from <https://www.3gpp.org/technologies/101-carrier-aggregation-explained>

*CGI and eCGI.* (n.d.). Retrieved from <https://arimas.com/2016/10/24/cgi-ecgi/>

*Componentes Pasivos GSM TMA.* (n.d.). Retrieved from [http://www.action-](http://www.action-telecom.com/es/tma.html)

[telecom.com/es/tma.html](http://www.action-telecom.com/es/tma.html)

*Conectividad móvil. Tecnologías 3G, 4G, Wifi y Bluetooth.* (n.d.). Retrieved from

<https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/conectividad-movil.-tecnologias-3g-4g-wifi-y-bluetooth>

ETSI. (2016.). LTE; Telecommunication management; Key Performance Indicators (KPI) for the Evolved Packet Core (EPC);.

*Hardware Description - Slots BBU5900.* (n.d.). Retrieved from [https://infinity-supply.com/wp-](https://infinity-supply.com/wp-content/uploads/2021/06/BBU5900.pdf)

[content/uploads/2021/06/BBU5900.pdf](https://infinity-supply.com/wp-content/uploads/2021/06/BBU5900.pdf)

Huawei. (2023, Abril 05). *Studylib*. Retrieved from Studylib:

<https://studylib.net/doc/25956821/datasheet-aqu4518r63v06>

*Informe autelsi 5G: Introducción y Tecnología.* (n.d.). Retrieved from

[https://autelsi.es/pdfs/documentos-de-autelsi/5G/Informe\\_5G\\_AUTELSI\\_Introduccion\\_y\\_Tecnologia.pdf](https://autelsi.es/pdfs/documentos-de-autelsi/5G/Informe_5G_AUTELSI_Introduccion_y_Tecnologia.pdf)

*Informe SATI.* (n.d.). Retrieved from Informe SATI: Ficha descriptiva: funcionamiento de una:

[http://femp.femp.es/files/3580-19-](http://femp.femp.es/files/3580-19-fichero/Ficha%20descriptiva%20sobre%20funcionamiento%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%2009-08%5B1%5D.pdf)

[fichero/Ficha%20descriptiva%20sobre%20funcionamiento%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%2009-08%5B1%5D.pdf](http://femp.femp.es/files/3580-19-fichero/Ficha%20descriptiva%20sobre%20funcionamiento%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%2009-08%5B1%5D.pdf)

- Informe Sati: Ficha descriptiva: funcionamiento de una estación base y sus elementos.* (2008). Retrieved from <http://femp.femp.es/files/3580-19-fichero/Ficha%20descriptiva%20sobre%20funcionamiento%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%2009-08%5B1%5D.pdf>
- LTE para principiantes, Día 2: Breve descripción de la arquitectura de red de LTE.* (n.d.). Retrieved from <http://intotally.com/tot4blog/2013/07/11/lte-for-beginners-day-2-brief-description-about-lte-network-architecture/?lang=es>
- LTE?, T. F.-W. (n.d.). Retrieved from <https://www.telecomhall.net/t/what-is-csfb-and-srvcc-in-lte/6279>
- Microwave Journal.* (n.d.). Retrieved from The Evolution of Interconnects in Cellular Networks: From 4G LTE eNodeB to 5G gNB: <https://www.microwavejournal.com/articles/print/35582-the-evolution-of-interconnects-in-cellular-networks-from-4g-lte-enodeb-to-5g-gnb>
- R. Zeqiri, F. I. ( 2019, 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), Ankara, Turkey, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISMSIT.2019.). "Comparison of Algorithms and Technologies 2G, 3G, 4G and 5G," .
- Santiago Chinchilla, E. J. (n.d.). *Aplicación de la Fibra Óptica en las comunicaciones móviles celulares.* Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251107003.pdf>
- SATI, I. (n.d.). *Ficha Descriptiva: Funcionamiento de una estación base y sus elementos .* Retrieved from <http://femp.femp.es/files/3580-19-fichero/Ficha%20descriptiva%20sobre%20funcionamiento%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%2009-08%5B1%5D.pdf>
- Scrambling Code Planning and Optimization for UMTS System.* (n.d.). Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/331876117\\_Scrambling\\_Code\\_Planning\\_and\\_Optimization\\_for\\_UMTS\\_System](https://www.researchgate.net/publication/331876117_Scrambling_Code_Planning_and_Optimization_for_UMTS_System)
- Sistemas de telefonía y comunicaciones móviles - 2G.* (n.d.). Retrieved from <https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/sistemas-de-telefon-y-comunicaciones-moviles>
- TelecomHall FORUM- 5G Letters: 4G/5G Spectrum Sharing.* (n.d.). Retrieved from <https://www.telecomhall.net/t/5g-letters-4g-5g-spectrum-sharing/22683>
- TelecomHall FORUM- What is RRU, BBU and Antenna?* (n.d.). Retrieved from <https://www.telecomhall.net/t/what-is-rru-bbu-and-antenna/17891>
- What is MIMO Wireless Technology.* (n.d.). Retrieved from <https://www.electronics-notes.com/articles/antennas-propagation/mimo/what-is-mimo-multiple-input-multiple-output-wireless-technology.php>
- What Is The Huawei BBU5900?* (n.d.). Retrieved from <https://infinity-supply.com/what-is-the-huawei-bbu5900/>
- Why and How BSIC Planning in GSM.* (n.d.). Retrieved from <https://teletopix.org/gsm/why-and-how-bsic-planning-in-gsm/>