

Pliego de condiciones

1. Objetivo y alcance del pliego

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir las características técnicas del equipamiento que se va instalar en el centro comercial, así como definir y exponer los procesos necesarios para que la estación quede radiando conforme a unos parámetros marcados por el operador.

2. Equipamiento utilizado

Como principio del pliego se concretarán aspectos más técnicos sobre el equipamiento que se ha utilizado en la instalación. Se hará una descripción del funcionamiento y se explicarán las características principales.

2.1. Equipamiento de radiofrecuencia. Nokia Flexi

Se van a desplegar dos tecnologías para dar cobertura al CC y al valle de Jinamar (GSM y UMTS). Para ello se usarán equipos Nokia modulares de última generación, cuya principal característica es que separan la parte de radiofrecuencia de la parte de gestión en módulos independientes, pudiendo tener junto a las antenas las cabezas remotas y en el cuarto de equipos la parte de banda base, que ejecuta el resto de tareas.



Figura 55: Módulo Flexi

La principal característica de los equipos Nokia Flexi, como se ha comentado, es su estructura modular que permite expandir las estaciones base conforme se pueda ir necesitando. Como ya se ha comentado, tiene módulos independientes para la parte de radiofrecuencia y para la parte de gestión, lo que hace que los bastidores se conviertan en algo accesorio y no un elemento fundamental.

Además, los equipos se pueden usar tanto en interior como en el exterior, lo que permite multitud de configuraciones distintas y hace que la tarea de instalación sea sencilla y limpia. El proceso de despliegue de nuevos sites se realiza mucho más rápido. En

la siguiente figura podemos ver un resumen de la cantidad de formas distintas de desplegar una estación con estos equipos:



Figura 56: Posibilidades de instalación

Los equipos Flexi disponen de versión GSM, llamada Nokia Flexi Edge y versión para UMTS, denominada Nokia Flexi NB. Los módulos tienen un peso menor a 23Kg y tiene unas dimensiones de 560x447x133 mm, que lo hacen instalables en rack de 19" si se requiere.

El equipo Flexi Edge soporta desde 1 a 24 TRX para una cantidad de hasta 6 sectores. Puede albergar GSM 800, 900, 1800 y 1900 MHz. A su vez, el Flexi NB puede albergar hasta 12 portadoras en 6 sectores como máximo.

El módulo de sistema realiza las tareas de gestión y tratamiento de las señales, pero además contiene módulos de transporte para la comunicación con la controladora y proporciona la alimentación para los módulos de radiofrecuencia.

Los módulos de RF pueden ser simples o dobles. La ventaja de los dobles que es con una sola tirada de fibra óptica llevamos las comunicaciones correspondientes a 2 sectores. En nuestro caso, hemos usado módulos dobles para ambas tecnologías con el fin de ahorrar costes y tener el número mínimo de cables.

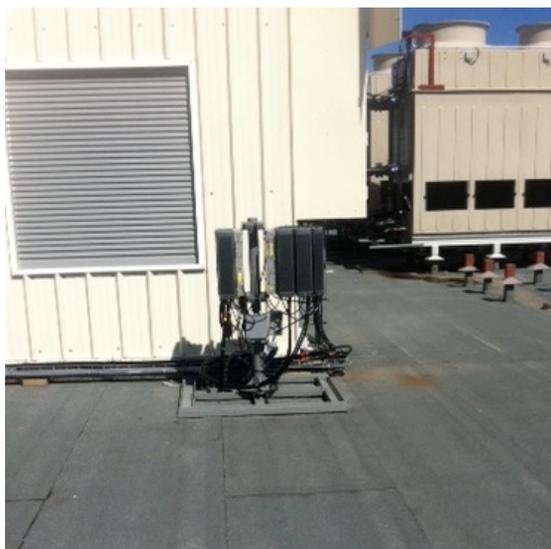


Figura 57: Equipos en la cubierta del Centro Comercial

2.2. Antenas

Son un elemento fundamental en cualquier instalación de comunicaciones móviles, ya que forman el interfaz con los terminales de los usuarios finales.

Las antenas utilizadas para los sectores exteriores presentan polarización cross-polar. Están provistas de dos dipolos cruzados con 45° de diferencia entre ambos para así tener divergencia de caminos de señal en un solo dispositivo, alejándonos de la estructura en árbol que se desplegaba hace unos años donde la divergencia era espacial y necesitábamos de dos antenas con polarización vertical u horizontal para obtenerla.

Por este motivo por cada sector se hacen dos tiradas de coaxial, uno por cada “rama” de la divergencia de señal.

Para el sector interior se han seleccionado antenas con polarización vertical y sin divergencia, por lo que sólo hará falta una tirada de coaxial. Lo que se suele hacer en el bastidor es dejar una de las salidas del sector con una carga acoplada y sólo se conecta el coaxial que va hacia las antenas.

2.2.1 Jaybeam 5130100

Es uno de los modelos de sistema radiante que se instalarán en la cubierta. Es una antena de tipo panel para su uso en exteriores. Tiene dos conectores para radiar GSM 900MHz y otros dos que soportarían tanto GSM 1800MHz como UMTS, así con una misma antena vamos a poder radiar las dos tecnologías.

Como característica principal tiene que la apertura horizontal de haz a 3 dB es de 85º, con ello se puede abarcar más terreno para dar cobertura con sólo una antena a riesgo de perder potencia de señal.

El resto de características se ven en la siguiente imagen:

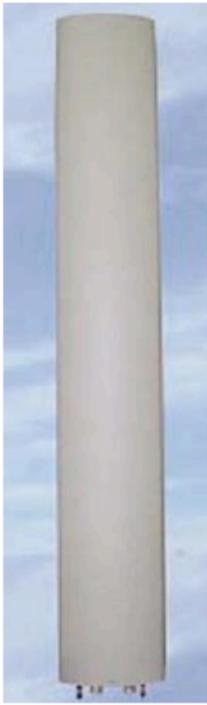
Jaybeam 513 0100		Foto
Características radioeléctricas		
Frecuencia	880-960 MHz 1710-2170 MHz	
Polarización	±45° ±45°	
Haz horizontal	85° 85°	
Haz vertical	9,5° 6°	
Ganancia	14,7 dBi 16 dBi	
Downtilt eléctrico	0-10° 0-10°	
Impedancia	50 Ω	
Características físicas		
Dimensiones	2040 x 286 x 138 mm	
Conectores	4 puertos 7/16 DIN	
Peso	18,5 Kg	
Detalle conectores		
		

Figura 58: Características Jaybeam 5130100

2.2.2 Jaybeam 5863100

Esta antena también es de uso en exteriores y soporta las mismas tecnologías que la anterior (GSM 900MHz/1800MHz y UMTS). La principal diferencia con la anterior es que el haz horizontal es de 65°, que concentra más la señal y presenta por tanto mayor ganancia.

Las antenas con el haz de 65° son las que tienen un uso más extendido.

Las características concretas de este modelo con las siguientes:

Jaybeam 5863 100		Foto
Características radioeléctricas		
Frecuencia	880-960 MHz 1710-2170 MHz	
Polarización	±45° ±45°	
Haz horizontal	65° 65°	
Haz vertical	9° 6°	
Ganancia	16,2 dBi 17,4 dBi	
Downtilt eléct	0-10° 0-10°	
Impedancia	50 Ω	
Características físicas		
Dimensiones	1910 x 253 x 147 mm	
Conectores	4 puertos 7/16 DIN	
Peso	16 Kg	
Detalle conectores		
		

Figura 59: Jaybeam 5863100

2.2.3 Kathrein 80010465

Es el modelo escogido para el sector interior del Centro Comercial.

Es una antena de panel especialmente diseñada para instalaciones indoor. Presenta una ganancia más limitada y un tamaño más pequeño porque se ubican bastante más cerca de los usuarios y no hace falta emitir con mucha potencia.

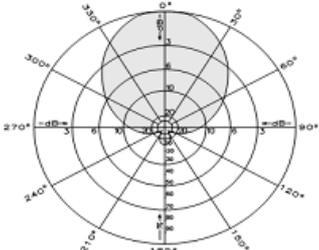
Kathrein 800 10465		
Características radioeléctricas		Foto
Frecuencia	790-960 MHz y 1710-2170 MHz	
Polarización	Vertical	
Haz horizontal	90°	
Haz vertical	9°	
Ganancia	7 dBi	
Impedancia	50 Ω	
Características físicas		
Dimensiones	231 x 140 x 50 mm	
Conectores	1 puerto N female	
Peso	1 Kg	
Diagrama radiación horizontal		
		

Figura 60: Kathrein 80010465

2.3. Diplexores

Un diplexor es un elemento pasivo que efectúa una multiplexión en el dominio de la frecuencia. Lo usamos para transportar por un mismo coaxial transmisiones que funcionan a distinta frecuencia, en nuestro caso, las dos tecnologías que queremos emitir, que van a 900MHz y 2100MHz.

En este diseño concreto, se ha usado en la instalación interior para ahorrarnos la doble tirada de coaxial y, sobre todo, porque las antenas que hemos instalado tienen polarización vertical y solo tienen un conector, por eso hay que inyectarle las señales multiplexadas para poder radiarlas.

2.3.1 Kathrein 78210250

Este modelo de diplexor es compatible con las bandas de 900MHz por un lado y con 2100MHz por el otro. Presenta pocas pérdidas de inserción y soporta una potencia de entrada alta. El resto de características son las que siguen:

Kathrein 782 10250	
Características técnicas	Foto
Banda 1	806 - 960 MHz
Banda 2	1710 - 2170 MHz
Pérdidas inserción	
Port 1 <-> Port 3	<0,15 dB
Port 2 <-> Port 3	< 0,1 dB
Paso DC	
Port 1 <-> Port 3	Stop
Port 2 <-> Port 3	By-Pass
Impedancia	50 Ω
Características físicas	
Dimensiones	125 x 278 x 64 mm
Aplicaciones	Indoor y outdoor
Peso	2,9 Kg



Figura 61: Kathrein 78210250

2.4. Repartidores de potencia

Los splitters son unos dispositivos pasivos que reparten la potencia de la señal que les llega de entrada en dos salidas. La diferencia respecto a los diplexores radica en que no es selectivo en frecuencia, divide toda la banda de frecuencia sin centrarse en ningún rango en concreto.

Las pérdidas que presenta este dispositivo son proporcionales al número de salidas que tenga, en el caso de uno de 2 vías estas serán de 3dB.

Hay un elemento de naturaleza parecida que también se ha usado en la instalación, se trata de un acoplador.

Un acoplador no es más que un splitter balanceado, es decir, repartimos más potencia en una de las ramas que en la otra, para poder compensar potencia en los elementos radiantes. Así, asignamos más potencia a la salida que tendrá más pérdidas en su trayecto.

Los modelos concretos que hemos usado son los siguientes:

2.4.1 Kathrein 86010100

Este es el splitter que se ha empleado en la instalación para repartir la potencia del coaxial en las dos antenas de panel últimas de la instalación indoor.

Las características principales son:

Kathrein 860 10100		
Características técnicas		Foto
Rango de frecuencias	694 - 3800 MHz	
Pérdidas inserción	< 0,05 dB	
Paso DC	Entre todos terminales	
Antenas soportadas	2 vías	
VSWR	< 1.3	
Impedancia	50 Ω	
Características físicas		
Dimensiones	300 x 75 x 75 mm	
Aplicaciones	Indoor y outdoor	
Peso	750 gr	

Figura 62: Kathrein 86010100

2.4.2 Kathrein 86010020

Este es el modelo de acoplador, tiene 7dB de pérdidas para una de las ramas y sólo 1dB para otra. De esta manera al cableado que va para el sector S3A se le introducen más pérdidas y se consigue, por un lado que la potencia no sea excesiva en dicho sector y por el otro que llegue más potencia a los sectores más alejados.

Las características principales son:

Kathrein 860 10020		Foto
Características técnicas		
Rango de frecuencias	800 - 2500 MHz	
Pérdidas inserción	< 0,05 dB	
Pérdidas entre puertos		
Input <-> Port 1	1 dB	
Input <-> Port 2	7 dB	
VSWR	< 1.5:1	
Impedancia	50 Ω	
Características físicas		
Dimensiones	244 x 64 x 25 mm	
Aplicaciones	Indoor y outdoor	
Peso	500 gr	

Figura 63: Kathrein 86010020

3. Integración de la estación

El proceso de integración consiste en cargar en las controladoras de estaciones base (BSC/RNC) una serie de parámetros e información de la estación que la hagan accesible para ser gestionadas, permitan la realización de llamadas a los terminales de usuario y hacer los trasposos de llamadas entre estaciones distintas.

Habrá que hacer una serie de tareas previas, como son:

BSC	RNC
<ul style="list-style-type: none"> • Asignar frecuencias • Definición de vecindades • Asignar identificadores de celda • Definir la ruta hasta la BSC • Mapear la estación en la BSC 	<ul style="list-style-type: none"> • Asignar códigos de Scrambling • Definición de vecindades • Asignar identificadores de celda • Definir parámetros de transmisión

En los sucesivos apartados se explicarán estas fases más detalladas. Hay que resaltar que este proceso está fuertemente marcado por el fabricante de los equipos y del operador en cuestión, ya que se usan protocolos propietarios de los propios vendors.

3.1. BSC

3.1.1 Asignar frecuencias

La configuración de la estación 2G está formada por 3 sectores con una configuración de 2+2+2. Esto quiere decir que se tiene un total de 6 TRXs y habrá que asignar a cada uno de ellos una portadora para que puedan gestionar canales de tráfico en su ancho de banda.

El operador, como se record  casi al principio de este documento, tiene disponibles unas frecuencias disponibles para "repartir" entre sus BTS. Cuando se despliega una nueva, habrá que mantener un determinado radio de reutilización para evitar la interferencia cocanal, que se da cuando un terminal recibe señal de dos celdas con la misma frecuencia.

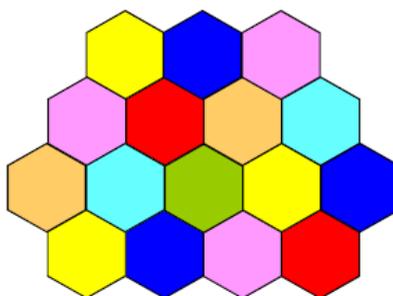


Figura 64: Red celular

También hay que tener presente la interferencia adyacente, que se da cuando tenemos dos frecuencias consecutivas asignadas en las celdas de la misma estación o de alguna estación cercana. Aunque su efecto es menos que el de la cocanal, también es un factor a tener en cuenta.

Esta tarea se puede realizar de forma automática con alguna herramienta de planificación radioeléctrica como NetActPlanner o Atoll, pero exige tener almacenadas de manera fehaciente todas las frecuencias de las estaciones, se puede usar para tener una idea de las frecuencias más libres pero habrá que comprobar manualmente que realmente la frecuencia no se repite en determinado radio.

El radio de reutilización para una celda de GSM 900 MHz se puede tomar de unos 30Km, aunque dependiendo de la zona concreta posiblemente haya que rehusar a una distancia menor, porque haya una concentración de estaciones mayor. Cada caso es concreto, no hay ninguna casuística general.

Habría que elegir 6 frecuencias para las portadoras y elegir una como principal de cada celda, que será la que identifique el terminal para poder acamparse en dicha celda.

Las frecuencias que se han escogido son las siguientes:

SECTOR 1	BCCH	994 MHZ
	TRX 1	984 MHZ
SECTOR 2	BCCH	988 MHZ
	TRX 1	992 MHZ
SECTOR 3	BCCH	986 MHZ
	TRX 1	990 MHZ

Tabla 7: BCCH escogidos

3.1.2 Asignar identificadores de celda:

Existen una serie de parámetros que permiten a los terminales de usuario y elementos del sistema (BSC) identificar a las celdas unívocamente. Estos son:

- BCF: Número real positivo que identifica unívocamente a un emplazamiento dentro de una BSC y es igual para todos sus sectores. Se van asignando de manera secuencial conforme integramos estaciones en una BSC.
- BTS ID: Número real positivo que identifica de forma única a una celda. También se asigna secuencialmente y se puede repetir en otras BTS de la red.
- BTS NAME: cadena de texto interna a la BSC, ni se radia ni tiene utilidad radio ninguna. Es importante porque es la etiqueta con la que la BSC almacena los estadísticos de la celda.
- CGI (Cell Global Identity): Es un identificador único para cada celda dentro de la red. Está formado por 4 parámetros, que son los siguientes:

$$\text{CGI} = \text{MNC} + \text{MCC} + \text{CI} + \text{LAC}$$

- MCC (Mobile Country Code): Identifica al país. 214 para España
- MNC (Mobile Network Code): Código que identifica el operador. Por ejemplo: 01 Vodafone, 03 Orange, 07 Movistar y 04 Yoigo
- CI (Cell Indicator): Es un número que identifica cada celda. Tiene un rango desde 0 a 65535.
- LAC: tiene el mismo rango que el CI. Es un número identificador de área. Es el mismo para todas las celdas de un mismo área, que agrupa las BTS de una o varias BSC.

La celda radia el LAC en su BCCH por lo que el móvil detecta si ha cambiado de celda y, por tanto, lo actualiza en el VLR para que la red sepa en qué LAC se encuentra el terminal para hacer el paging cuando llegue una llamada entrante a ese móvil.

Hay algunas limitaciones de las celdas que pueden ir en un determinado LAC. Por un lado, no puede haber celdas de distintas MSCs porque el LAC debe de estar en un mismo VLR. Por otro lado es una cuestión de diseño exclusivamente: si tiene demasiadas celdas podríamos congestionar la red con señalización y si tiene muy pocas, como el móvil se actualiza cada vez que cambia de LAC, ocurriría el mismo efecto.

El LAC se suele asignar por comunidad autónoma, así nos aseguramos que es único.

- BSIC (Base Station Identity Code): Otro identificador de celda que se radia en el BCCH y es el que menos tiempo tarda en decodificar el terminal de usuario. Está formado por dos octetos (NCC y BCC):
 - NCC (Network Color Code). Será igual para toda la red.
 - BCC (Base Station Color Code). Será el mismo para las celdas de una misma BTS.

El BSIC es muy importante en las negociaciones BTS-móvil en un proceso de HO. La BTS le pasa a través del BCCH la lista de frecuencias a mediar al móvil. Este las mide y le devuelve las 6 más fuertes junto con el BSIC que se ha decodificado. La BSC cruza el par BCCH-BSIC con la lista de vecinas de la celda y así sabe cuál será es celda destino de HO.

3.1.3 Definición de vecindades

A cada una de las celdas se le tendrán que asignar una serie de vecinas para los procesos de handover. Se considerarán celdas vecinas aquellas que estén geográficamente cerca o que tengan la cobertura solapada en mayor o menor medida.

Hay que ser extremadamente cuidadosos en este punto, primeramente porque es una tarea que se realiza de forma manual y después porque la pareja BCCH-BSIC tiene que

ser única, ya que si se repite con la de otra vecindad existente haría que a la BSC le fuera imposible saber a que BTS se dirige el terminal de usuario.

Habría que definir vecindades entrantes y salientes, es decir, declarar todas las vecindades con origen nuestra estación y destino las estaciones de alrededor, tanto GSM como UMTS y viceversa, de manera que demos continuidad en todas direcciones y en todas las condiciones a una hipotética llamada establecida en un terminal en movimiento.

El mapa de estaciones de la zona es el de la figura siguiente:

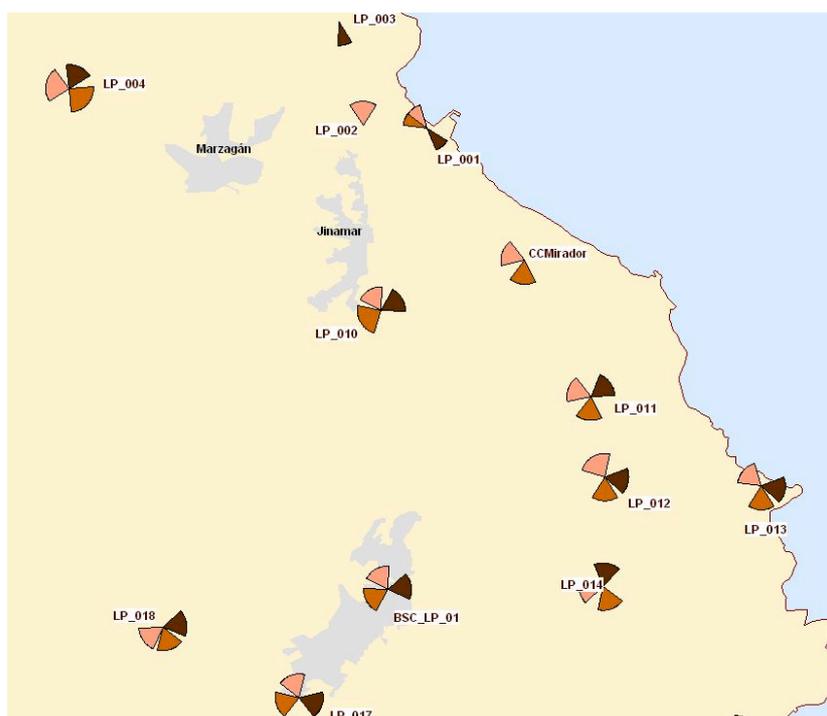


Figura 65: Estaciones de la zona

Para cargar los datos en la BSC hay que proporcionar una tabla con las relaciones de vecindad que se quieren definir, junto a algunos identificadores que definirán dicha relación.

En dicha tabla, de las celdas origen habrá que definir la BSC a la que pertenece y su BCF. De las celdas destino habrá que dar los identificadores de celda, de estación, LAC, MCC, MNC y si es una celda GSM su BCCH y si es UMTS la frecuencia de la portadora.

Podríamos definir las siguientes relaciones de vecindad (no hemos hecho distinción entre celdas 2G o 3G):

ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO	ORIGEN	DESTINO
CCM_1	LP_011_1	CCM_2	LP_010_1	CCM_3	LP_010_1
CCM_1	LP_011_2	CCM_2	LP_010_3	CCM_3	LP_011_3
CCM_1	LP_012_1	CCM_2	LP_001_1	CCM_3	LP_001_1
CCM_1	LP_012_3	CCM_2	LP_002_2	CCM_3	CCM_1
CCM_1	LP_014_1	CCM_2	LP_004_2	CCM_3	CCM_2
CCM_1	BSC_LP_1_1	CCM_2	LP_011_3		
CCM_1	LP_010_1	CCM_2	CCM_1		
CCM_1	CCM_2	CCM_2	CCM_3		
CCM_1	CCM_3				

Tabla 8: Vecindades propuestas

Donde CCM_X es el sector X de la estación del CCMirador y LP_{YYY}_X el sector X de la estación YYY de Las Palmas de Gran Canaria.

Nótese que cualquier celda es vecina de las demás celdas que forman parte de la misma estación, de hecho, es la principal fuente de Handover que se da en una celda cualquiera y de vital importancia el tenerla bien definida.

En el proceso de Handover cobra importancia vital el que el CGI sea único dentro de la red.

Cuando una BSC detecta que un móvil de una celda suya debe realizar un HO a otra celda suya, hace directamente la reserva en la celda destino, pero si el móvil va a realizar un HO a una celda que pertenece a otra BSC, la BSC de la servidora le “pregunta” a la MSC para que se reserve un canal en ella.

La MSC tiene la información de todas las celdas que están en sus BSCs en una tabla de definición de celdas “INNER” en las que se indica su CGI(celda)-BSC(a la que pertenece). Así la MSC sabe con qué BSC de las suyas debe comunicarse para solicitar la reserva de un TCH.

La MSC tiene también una tabla de celdas “OUTER” en las que se indica la relación CGI(celda)-MSC(a la que pertenece) para todas aquellas celdas que sin ser de esa MSC estén definidas como vecinas de alguna celda que si lo sea. Si detecta que la celda destino es outer se pondrá en contacto con la otra MSC para solicitar el TCH.

Las definiciones como INNERS o OUTERS de los CGI de nuestras celdas o de sus celdas vecinas deberemos acompañarlas en dos tablas a nuestros datos de integración.

3.1.4 Mapear la estación en la BSC

Las comunicaciones entre las BTS y las BSC estarán definidas por el interfaz Abis. Se realizan a través de sistemas a 2Mbit/s, según la recomendación G.703 del CCITT en los que uno o más canales de 64Kbit/s se emplean para señalización y el resto para tráfico de usuario.

Los 2Mbit/s se dividen en 32 canales de 64Kbit/s o Time Slots de los cuales uno se emplea totalmente para hacer llegar la supervisión de los enlaces a cada uno de los extremos y así poder controlar el funcionamiento correcto de la red de transmisión. Normalmente será el TS0 y se llamará link management.

Los 31 canales restantes de 64Kbit/s o TS se usarán de distinta manera dependiendo del fabricante.

Para aprovechar mejor los 64Kbit/s disponibles en los canales de tráfico éstos se dividen en 4 subcanales de 16Kbit/s pudiendo soportarse de este modo cuatro conversaciones de voz a 16Kbps o de datos en un mismo canal.

En las centrales MSC la conmutación se efectúa sobre circuitos convencionales de 64Kbit/S. La adaptación de la velocidad de 16Kbps a 64Kbps y viceversa se efectúa en las unidades transcodificadoras TC-U que normalmente se sitúan al lado de los MSC, aunque también pueden encontrarse en las BSC.

El interfaz Abis GSM es propietario de cada fabricante ya que no es genérico. Cada uno de ellos tendrá sus peculiaridades pero nosotros vamos a verlo de manera totalmente independiente.

La estación del Centro Comercial, como ya se ha comentado en varias ocasiones, tiene 6 TRxs en total. Cada uno de los TRX va a ocupar 2 TS completos o lo que es lo mismo 8 canales de 16Kbps. La señalización correspondiente al bastidor ocupará 64kbps o 1 TS.

Sabiendo estos datos vamos a ver cómo se haría el mapeo de un interfaz Abis.

El procedimiento del mapeo de una BTS en la BSC está íntimamente relacionado con el enrutamiento de dicha estación.

Cada una de las BSC tendrá un número determinado de Canales de 2Mbps Abis. Estos canales se identifican en la BSC por un valor llamado ETC. Nosotros lo llamaremos para mayor generalidad canal Abis y lo trataremos como un contenedor, dividiendo los 2Mbps disponibles en 32 partes, teniendo disponibles 31 para la transmisión de los TRXs.

Etiquetamos por un lado la señalización de la capa de enlace de cada bastidor y por otro lado los canales reservados para cada TRX.

La siguiente tabla refleja una posible forma de asignación de los TS del canal Abis al tráfico y señalización de los TRXs de la estación.

0	LINK MANAGEMENT & Q1			
1	TRX1-SECTOR1-CCMirador			
2	TRX1-SECTOR1-CCMirador			
3	TRX2-SECTOR1-CCMirador			
4	TRX2-SECTOR1-CCMirador			
5	TRX3-SECTOR2-CCMirador			
6	TRX3-SECTOR2-CCMirador			
7	TRX4-SECTOR2-CCMirador			
8	TRX4-SECTOR2-CCMirador			
9	TRX5-SECTOR3-CCMirador			
10	TRX5-SECTOR3-CCMirador			
11	TRX6-SECTOR3-CCMirador			
12	TRX6-SECTOR3-CCMirador			
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24	LAPD-CCMirador	SIG-TRX1-SECTOR1-CCMirador	SIG-TRX2-SECTOR1-CCMirador	
25	SIG-TRX3-SECTOR2-CCMirador	SIG-TRX4-SECTOR2-CCMirador	SIG-TRX5-SECTOR3-CCMirador	SIG-TRX6-SECTOR3-CCMirador
26				
27				
28				
29				
30				
31				

Tabla 9: Ejemplo de mapeado Abis

Es clave guardar un cierto orden a la hora de ir rellenando los TS dentro de un canal Abis ya que cualquier cambio a posteriori una vez que se enciende la estación implica una pérdida de servicio mientras reconfiguramos la estación, ya que debemos apagar los TRX para poder cambiarlos dentro del mapeado.

3.1.5 Enrutar la estación hasta la BSC

Para conectar la estación con la BSC habrá que buscar un camino que pase por estaciones del operador ya desplegadas, debido a que el medio de transmisión será por radioenlaces y así, instalamos las parábolas en ubicaciones ya existentes.

La topología que se va a usar en este caso concreto es en anillo, así dotaremos a la BTS de doble ruta para proteger ante caídas de algún enlace o BTS intermedia. El único inconveniente es que los vanos deben de ser de gran capacidad porque por ellos va el tráfico de todas las BTS que forman parte del anillo.

En este caso, para llegar a la BSC hay que hacer algunos cambios en enlaces ya existentes para poder albergar las comunicaciones de la nueva BTS a integrar.

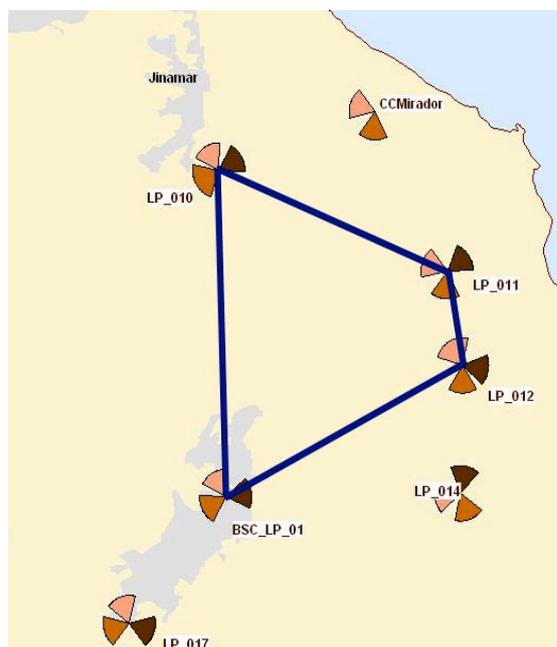


Figura 66: Anillo existente

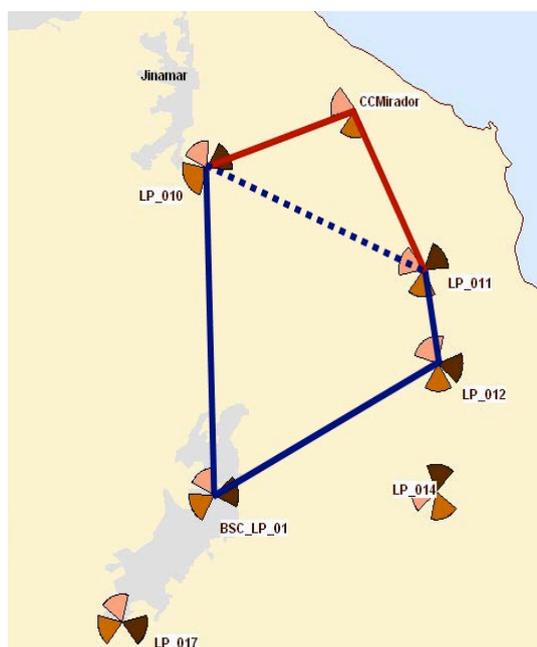


Figura 67: Anillo modificado

Más concretamente, como se observa en las imágenes superiores, habrá que eliminar el enlace entre LP_010 y LP_011 para poder albergar al nuevo nodo CCMirador en el anillo hasta la BSC.

Ya se ha hablado sobre la capacidad que deben tener los enlaces cuando se diseñaron los vanos en el capítulo 5. Se podría resumir en que se necesita aumentar la capacidad de todos los vanos que forman parte del anillo a 35x2 para poder transportar todas las comunicaciones de datos y señalización de todas las estaciones que forman parte de éste.

3.2. RNC

3.2.1 Asignar códigos de Scrambling

De la misma forma que se asignaban las frecuencias a los TRX de la estación de GSM, ahora tendremos que hacer lo propio con los códigos de scrambling en los sectores 3G.

Hay disponibles 512 posibles códigos a elegir (0-511) divididos en 7 grupos denotados por letras. Dentro de cada grupo los códigos son ortogonales entre sí, y usaremos uno de esos grupos para una zona determinada, por lo que la probabilidad de que haya error entre dos códigos se minimiza.

La asignación de cada uno de los códigos a cada uno de los grupos no tiene ningún misterio, se hace secuencialmente de la siguiente forma:

0	A	1	B	2	C	3	D	4	E	5	F	6	G	7	H
8	A	9	B	10	C	11	D	12	E	13	F	14	G	15	H
...															
504	A	505	B	506	C	507	D	508	E	509	F	510	G	511	H

Los códigos que se han utilizado para la estación son los recogidos en la tabla siguiente, que se corresponden con códigos del grupo A:

SECTOR 1	48
SECTOR 2	56
SECTOR 3	64

Tabla 10: Códigos de scrambling

3.2.2 Asignar Identificadores

Con los identificadores tampoco hay gran novedad respecto al caso de GSM, los identificadores que hay que declarar son los mismos (Cell ID, MCC, NNC, LAC, RAC) a excepción del identificador de estación que pasa a llamarse en este contexto WBTS ID, pero que tiene el mismo significado.

3.2.3 Definición de vecindades

La definición de vecindades tiene la misma naturaleza y se realiza igual a como se ha explicado en la parte de GSM. Sólo hay que tener en cuenta que el alcance de las

estaciones 3G es menor que las 2G por lo que habrá que circunscribirse a una distancia menor para escoger las vecindades.

El alcance típico de una estación 3G es de unos 2 Km como máximo, por lo que para vecindades 3G-2G 900 habrá que buscar en un radio de unos 12 Km, para 3G-2G (1800) unos 8 Km y 3G-3G menos de 4Km.

De la misma forma, habría que proporcionar una tabla con las relaciones de vecindad y los identificadores típicos de las celdas origen y destino que ya hemos visto.

3.2.4 Enrutar la estación hasta la RNC

Las RNCs no tienen por qué coincidir en la ubicación física de las BSC. Al ser esto así lo primero que podríamos pensar es que habría que desplegar dos “camino” de radioenlaces para llegar, por un lado, a la BSC y por el otro a la RNC en casos como el que nos enfrentamos que tenemos una estación dual. Nada más lejos de la realidad.

La forma de proceder variará entre los distintos operadores, pero en el caso que nos ocupa, las transmisiones de 2G y 3G siguen la misma ruta física hasta la BSC, por eso reservamos capacidad suficiente en los radioenlaces.

Al llegar a la BSC, el tráfico correspondiente a UMTS se segrega hasta un switch denominado Remoto, que está conectado al switch de Cabecera residente en la RNC por algún medio físico como puede ser Fibra óptica, un circuito punto a punto propio o alquilado e incluso por otro radioenlace dedicado.

Por encima de este medio físico existen múltiples flujos ATM multiplexados en grupos IMA, que nos pueden dar alta capacidad en entornos de bajas velocidades de transmisión.

Por lo tanto, lo que se tendrá que hacer es buscar algún flujo disponible (de 2 E1s) en esta interfaz entre BSC-RNC para llevar el tráfico hasta su destino, proporcionando el identificador de ATM interfaz y VP del trayecto. Estos datos están recogidos en una base de datos del operador, fácilmente consultable.

3.3. Carga de parámetros.

Una vez recopilados todos estos datos (frecuencias, vecinas, identificadores, parámetros radio) y siguiendo un formato de tablas fuertemente marcado por el operador y el fabricante de las controladoras en concreto se obtendrá un fichero consolidado con los datos necesarios para la integración de la estación.

La plantilla la usará el departamento encargado de hacer modificaciones en las controladoras para generar un script que podrán cargar directamente en las BSC/RNC.

Es un trabajo que se suele hacer nocturnamente para entorpecer lo mínimo posible el tráfico, ya que estamos corriendo el riesgo de si hay algún problema grave dejar sin servicio a un número alto de estaciones y a unos miles de usuarios.

Una vez realizada la carga, queda un último trabajo previo al encendido que no es otro que comprobar que los parámetros se han cargado de la forma que queríamos que se hiciera. Este paso es vital, ya que es la última oportunidad de comprobar cualquier deficiencia que pudiera hacer que la estación tuviera un funcionamiento incorrecto nada más encenderse, con los perjuicios que podría suponer para los clientes en particular y para nuestra red en general.

Si todo es correcto, podemos dar la orden como ingenieros radio, de que se encienda la estación. En el siguiente capítulo se tratarán las acciones inmediatas a tomar con la estación radiando.

4. Aceptación de la estación

Una vez integrada y encendida la estación el siguiente, y último paso como ingeniero radio, es comprobar que proporciona una cobertura acorde a lo planificado, que tiene un funcionamiento adecuado y que no afecta de manera negativa a la red del operador.

Para obtener datos reales de la cobertura prestada por la estación, habrá que realizar una medición sobre el terreno, conocida en el gremio como *Drive Test*. Estas medidas se realizan con uno o varios terminales móviles conectados a un PC con el software TEMS INVESTIGATOR y un GPS para saber el punto exacto en el que se realiza cada medición.

Se tratarán en primer lugar algunos aspectos básicos sobre el proceso de medida para luego ver las comprobaciones que se hacen en oficina sobre ellas y más tarde tratar los estadísticos que devuelve la estación y cómo nos ayudan a conocer su estado y prevenir malfuncionamientos.

4.1. Drive Test

Como se ha comentado, para hacer las mediciones sobre el terreno se acude a un equipo de drive test. Se denomina así porque se suelen hacer las medidas con el equipamiento montado en un coche para así cubrir las zonas objetivo de cobertura de la estación a medir.



Figura 68: Vehículo de Drive Test

Estos vehículos suelen estar provistos de varios terminales móviles, cada uno funcionando en una tecnología concreta (GSM o UMTS), otros realizando pruebas de llamada continuamente, otros escaneando constantemente la parte de espectro del operador, así como otro tipo de tarjetas si son necesarias (como las HSPA) y de un GPS. Todo esto controlado mediante un PC con el software TEMS INVESTIGATION.

La característica más importante de este tipo de mediciones es que se realizan como si fuese un usuario normal de la red (un cliente), es decir, se realizan llamadas reales y descarga de datos reales. Así, la información que se extrae del funcionamiento de la red

es la misma con la que se encuentra el cliente cada vez que hace uso de ella, por tanto, podemos detectar fallos que sufrirá el usuario en caso de existir.

La aplicación TEMS INVESTIGATION DATA pertenece a Ericsson y es el más usado para hacer test de redes celulares. Permite la monitorización de voz, videollamada y otros servicios de datos sobre conmutación de paquetes y de circuito. Es compatible con muchas tecnologías, como son GSM, GPRS, EGPRS, WCDMA, HSDPA, HSUPA, CDMA2000...

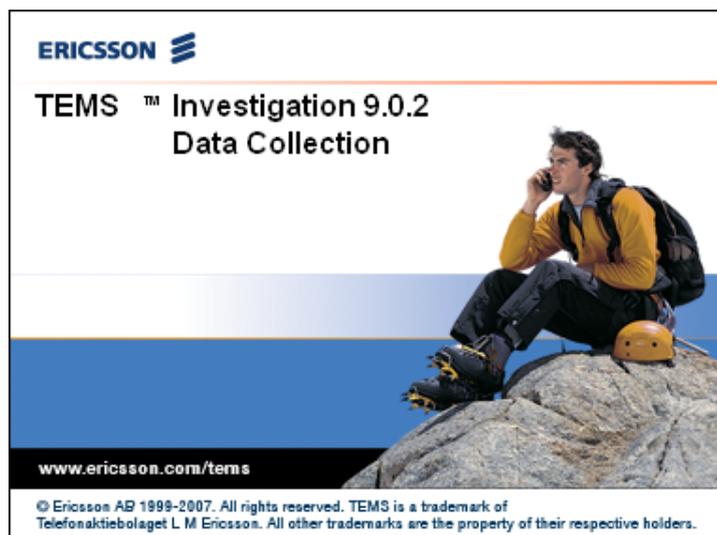


Figura 69: TEMS Investigation

TEMS combina recolección de datos, análisis de tiempo real y postprocesado. Se divide en dos módulos: Data Collection y Route analysis.

- *Data Collection* es la parte de TEMS que trabaja con los terminales telefónicos y demás dispositivos, recoge los datos de funcionamiento de la red y los graba en ficheros llamados logfiles.
- *RouteAnalysis* es el módulo que permite el análisis de los logfiles ya guardados.

4.2. Estudio de los niveles de Potencia

Cuando el equipo de drive test hace las mediciones asignadas, le proporciona los datos. La primera tarea del ingeniero radio será procesar los logfiles para poder hacer el estudio de la estación pormenorizadamente.

En este caso concreto, las medidas se procesarán y exportarán en un formato concreto para representarlas en el programa MAPINFO. Es un programa de cartografía muy versátil y que utilizan muchos operadores. La principal característica de Mapinfo es su facilidad de uso y la cantidad que posee de opciones de personalización.

Para ello, en TEMS, hay que buscar el menú Logfile→ExportLogfile:

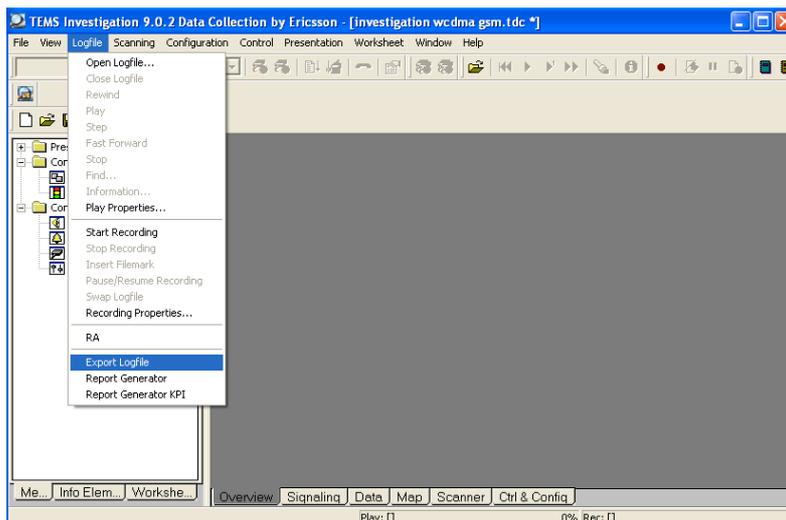


Figura 70: Export Logfile

Aparece la ventana de *exportLogfile*. Ahí, pulsando sobre el icono *Addorder* emerge la siguiente ventana, donde se podrán seleccionar el formato de salida, el logfile y la carpeta donde se quiera almacenar el resultado del procesado:

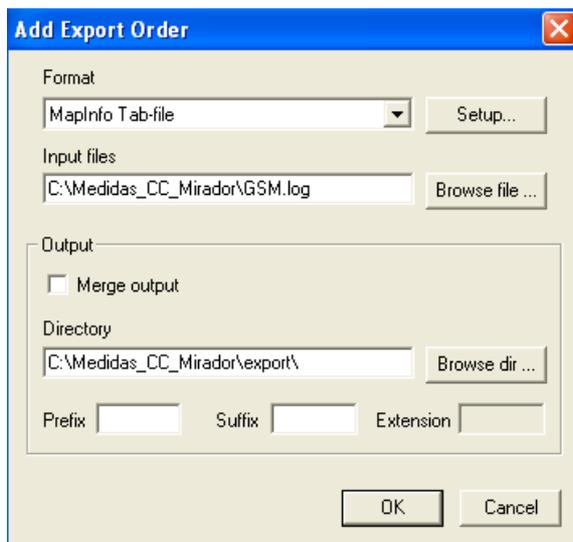


Figura 71: Pantalla Add Export Order

Como se puede ver en la imagen hay que seleccionar como salida una tabla de MapInfo. Pulsando en el botón *setup* se podrá elegir qué parámetros se representarán en las muestras de medidas que obtendremos como fichero de salida. En este caso, interesará conocer en cada punto la potencia de señal recibida y la frecuencia o código de scrambling de la estación de la que se recibe dicha señal.

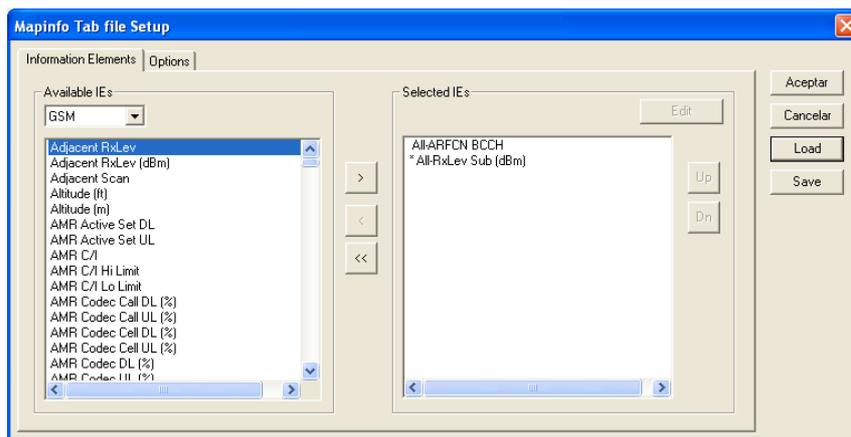


Figura 72: Listado de parámetros

En la parte derecha de esta ventana aparecen los parámetros seleccionados. Estos se podrán introducir manualmente buscando en el listado de la parte izquierda o cargar alguna plantilla que predefinida anteriormente. Como se ha comentado, en GSM seleccionaremos ARFN_BCCH y RxLev Sub (dBm) y para UMTS SAN SC y SAN CPICH RSCP.

Esta operación se repetirá para cada fichero de medida que se necesite procesar, para seguidamente hacer el procesamiento del lote completo de una sola vez.

Con los archivos procesados, ya podemos importarlos desde Mapinfo para ver la representación sobre plano de las medidas realizadas, como se muestra en la siguiente ilustración:

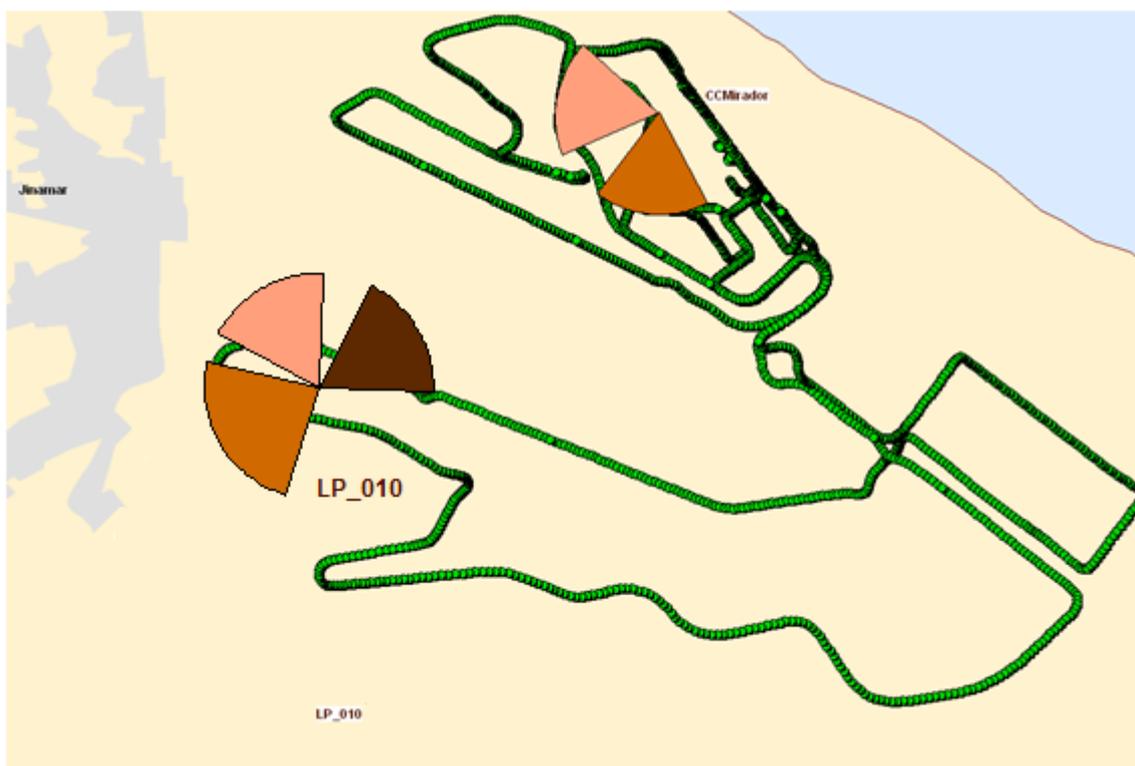


Figura 73: Muestras recogidas

En la imagen superior se visualizan las muestras en bruto, sin ninguna información visual, aunque se puede consultar dicha información pulsando en la muestra y viendo las opciones.

MapInfo permite aplicar lo que se conoce como mapas temáticos a las muestras para poder representar la información que estas contienen de manera visual, por ejemplo diferenciando las estaciones por colores o la potencia con una escala de colores.

En este caso concreto se aplicarán, sin entrar en demasiado detalle de cómo hacerlo, dos mapas temáticos a las medidas: uno en el que se distingue por colores la celda de la que se recibe en cada punto (BCCH o SC) y otro en el que diferenciamos los niveles de potencia de señal recibidos con una escala de colores.

En las siguientes figuras se pueden ver los mapas temáticos creados con las medidas para las dos tecnologías de la estación instalada.

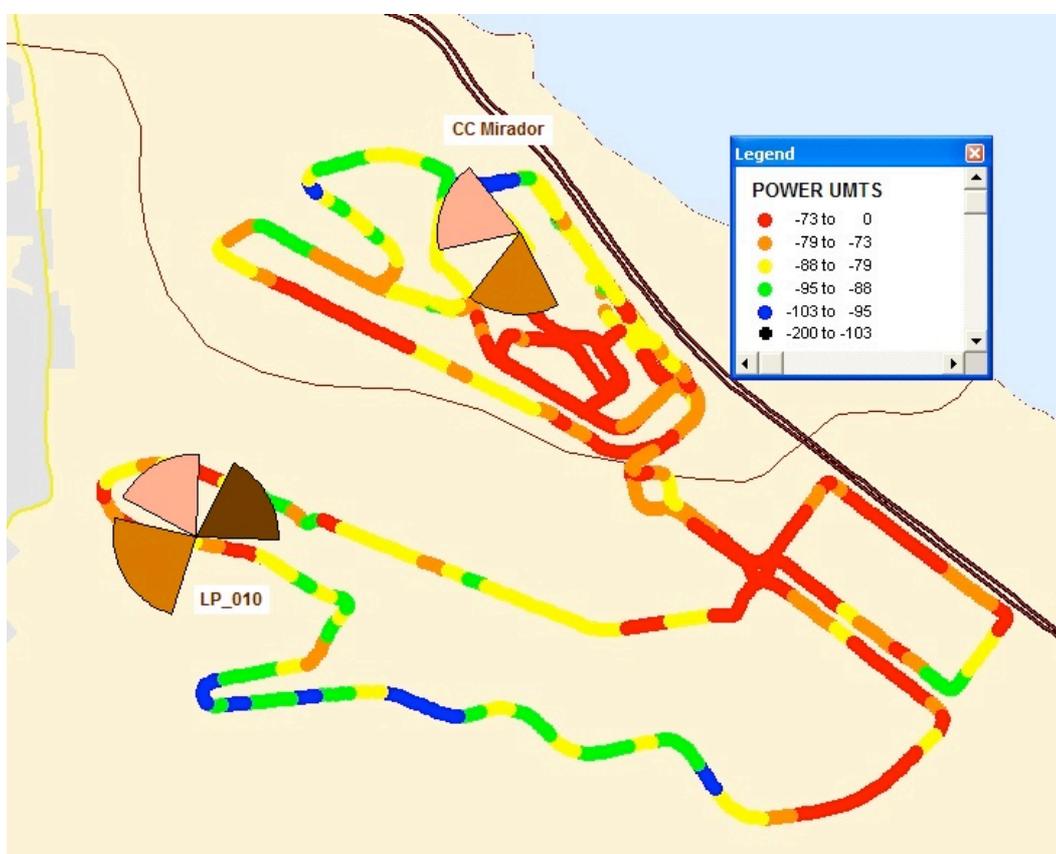


Figura 74: Potencia de señal en UMTS



Figura 75: Potencia de señal en GSM

A la vista de las imágenes y a falta de hacer el estudio numérico se puede concluir que la potencia general de la estación es buena. Los niveles en la zona cercana son, en su mayoría, rojo y naranja, que son valores que superan los -79dBm en UMTS y -70 dBm en GSM.

También se puede observar como los niveles de señal de la zona hacia la que apunta el sector 2 de UMTS son algo bajos, lo que puede indicar un posible problema de falta de TILT.

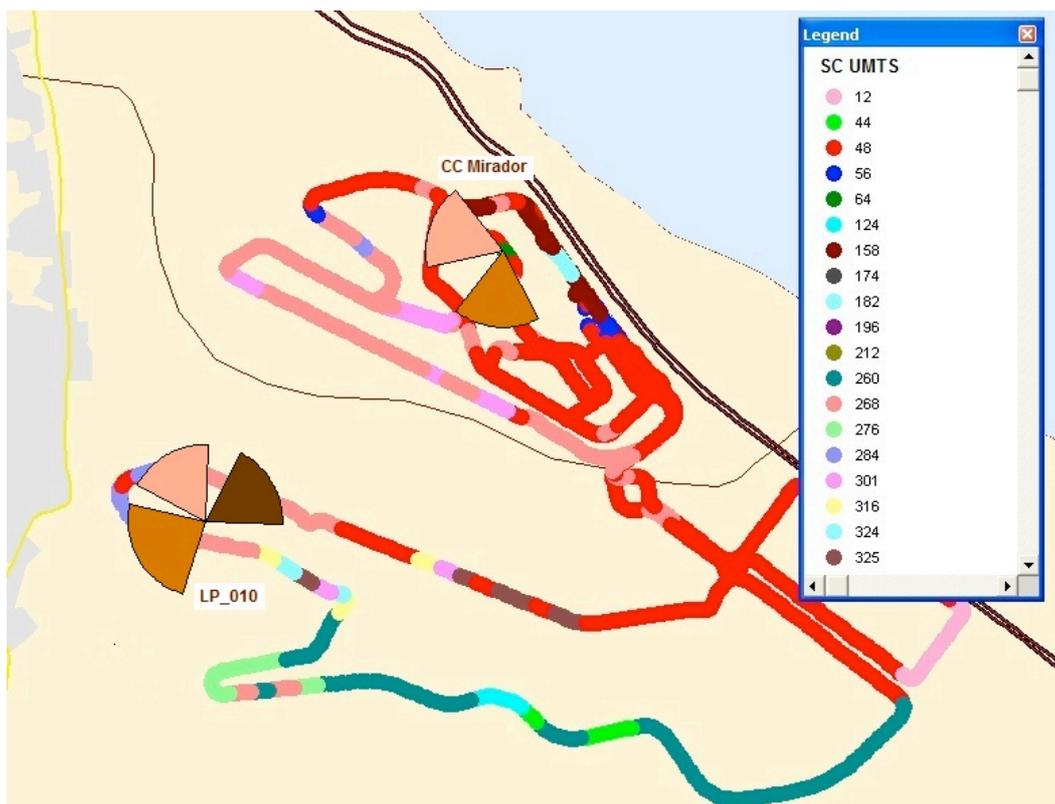


Figura 76: Códigos scrambling recibidos UMTS

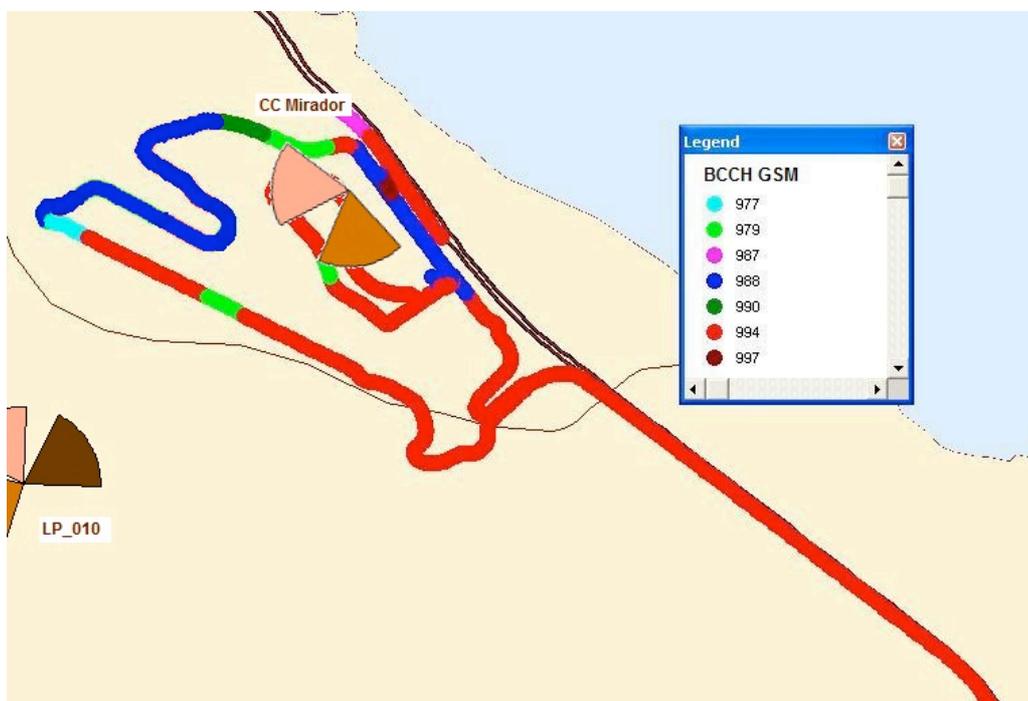


Figura 77: Frecuencias recibidas GSM

Los colores correspondientes a los sectores de la estación son el rojo para el sector 1, azul oscuro para el sector 2 y verde para el 3. Se observa que se corresponden los

colores con las zonas donde apuntan estos sectores, que indica que no ha habido problemas de sectores cruzados.

Los sectores cruzados se dan cuando el instalador conecta los coaxiales correspondientes a un sector en el equipamiento de otro. Tiene un notable efecto negativo sobre la estación porque las vecindades están fuertemente ligadas a la orientación de los sectores.

Para el sector interior habrá que repetir las medidas que se hicieron el primer día para comprobar el efecto que ha provocado la inclusión de la estación en el centro comercial. Lo ideal es hacer las medidas en los mismos lugares donde se hicieron en su momento para poder comparar objetivamente el antes y el después.

La tabla que sigue recoge las nuevas medidas con la estación encendida. Nótese que todas las medidas se corresponden con la frecuencia y código scrambling del sector 3 de la nueva estación.

PUNTO	GSM		UMTS		
	BCCH	RxLev	UARFCN	SC	RSSI
1	986	-52	10663	64	-60,0
2	986	-60	10663	64	-71,0
3	986	-61	10663	64	-79,2
4	986	-54	10663	64	-67,0
5	986	-38	10663	64	-54,8
6	986	-67	10663	64	-77,0
7	986	-79	10663	56	-65,7
8	986	-57	10663	56	55,8
9	986	-52	10663	64	-72,7

Tabla 11: Valores de señal post-encendido



Figura 78: Puntos de medida post-encendido

4.2.1 Comprobaciones de potencia

La nueva estación debe cumplir unos parámetros de calidad marcados por el operador para que sea dada por buena. De todas las muestras recibidas de la estación, un determinado porcentaje de las muestras recibidas deben superar el valor mínimo de potencia exigido para el tipo de entorno en el que nos encontramos.

El caso que se está estudiando, ya se comentó que la zona se encontraba en un entorno suburbano, por lo que se tienen que superar unos valores de -78dBm para 2G y -80 dBm para 3G en un porcentaje alto de las muestras (generalmente en torno al 90%).

Esta tarea se puede realizar directamente con Mapinfo. Incorpora herramientas para hacer filtrados de muestras que seleccionemos que cumplan un determinado criterio y mostrarlas en una tabla.

Se expondrá el caso concreto de UMTS paso a paso. Para GSM sólo se presentarán los resultados finales. Lo que se hará es, en un primer paso, filtrar por las muestras que coincidan con los SC de los sectores de la estación, para saber cuántas muestras se han capturado en el proceso de medida y ver el número de elementos que nos aparece en la tabla:

ID	Mobile	Event	Sc1stAggrEcdBn	Sc1stSC_1	Sc2ndAggrEcdBn	Sc2ndSC_1	Sc3rdAggrEcdBn	Sc3r
2	MS2		-75,23	48	-115,02	402		0
3	MS2		-75,23	48	-115,02	402		0
4	MS2		-75,23	48	-115,02	402		0
5	MS2		-75,23	48	-115,02	402		0
6	MS2		-75,23	48	-115,02	402		0
7	MS2		-75,23	48	-115,02	402		0
8	MS2		-75,23	48	-116,09	402		0
9	MS2		-75,23	48	-116,09	402		0
10	MS2		-75,23	48	-116,09	402		0
11	MS2		-75,23	48	-116,09	402		0
12	MS2		-75,23	48	-116,09	402		0
13	MS2		-75,08	48	-116,09	402		0
14	MS2		-75,08	48	-116,09	402		0
15	MS2		-75,08	48	-116,09	402		0
16	MS2		-75,08	48	-116,09	402		0
17	MS2		-75,08	48	-116,09	402		0
18	MS2		-75,08	48	-116,09	402		0

Figura 79: Muestras con SC coincidentes

Se ha obtenido un total de 1983 de muestras que tienen como SC 48, 56 o 64. Ahora filtramos la tabla para saber el número de muestras que tiene una potencia recibida > -80 dBm y resulta lo siguiente:

ID	Mobile	Event	Sc1stAggrEcdBn	Sc1
2	MS2		-75,23	
3	MS2		-75,23	
4	MS2		-75,23	
5	MS2		-75,23	
6	MS2		-75,23	
7	MS2		-75,23	
8	MS2		-75,23	
9	MS2		-75,23	
10	MS2		-75,23	
11	MS2		-75,23	
12	MS2		-75,23	
13	MS2		-75,08	
14	MS2		-75,08	
15	MS2		-75,08	
16	MS2		-75,08	
17	MS2		-75,08	
18	MS2		-75,08	

Figura 80: Muestras válidas

Se tiene un total de 1887 muestras que superan el valor de potencia mínima deseable.

Finalmente se calcula el porcentaje de las muestras que superan el valor mínimo permisible y se obtiene lo siguiente:

	MUESTRAS TOTALES	MUESTRAS POTENCIA > MÍNIMO	%
GSM	2493	2324	93,22 %
UMTS	1983	1887	95,15 %

Tabla 12: Porcentajes de cobertura óptima

Que junto con la notable mejoría de la cobertura en el interior del centro comercial, hacen a la estación conforme para su aceptación respecto a los niveles de potencia.

4.3. Estudio de los estadísticos de la estación

Cuando una estación está en funcionamiento va almacenando en una base de datos todo el registro de actividades que se suceden en ella, estos registros pueden ser llamadas cursadas, minutos de tráfico, llamadas fallidas, número de Handover realizados, etc.

Estos registros forman lo que se denominan estadísticos o KPIs, que tienen una gran importancia dentro de la optimización del funcionamiento de la estación.

Suelen almacenarse independientes por cada celda y nos dan una idea muy fiable del funcionamiento de la red, ya que se basan en datos reales capturados por la estación.

En los primeros días de encendido de la estación tendremos que comprobar que dichos KPIs se encuentran dentro de unos límites para que la estación quede aprobada por el operador.

Los estadísticos que tienen mayor relevancia son los siguientes:

GSM

- Conexiones TCH: Cuando un terminal quiere establecer una llamada la BTS le reserva un canal de tráfico para poder cursarla. El número de llamadas que logren asignarle un canal formará el número de conexiones TCH.
- % Caidas TCH: Es el porcentaje de conexiones interrumpidas por la red respecto al total de las establecidas. Se puede dar por un Handover fallido por una mala definición de vecindades. Un valor aceptable suele ser menor a un 5%.

- % Caidas SDCCCH: Porcentaje de intentos de llamadas hechas por un terminal al que no se le ha podido asignar ningún canal de tráfico por encontrarse demasiado lejos de la estación. Suele estar provocado por una mala calibración del TILT. Valores por encima del 2-3% no suelen ser tolerables.
- % Bloqueo TCH: Porcentaje de llamadas que podrían ser cursadas pero no es posible por tener recursos insuficientes, es decir, todos los TRX están ocupados. Está relacionado con el mal dimensionamiento de la estación y tiene algo más de tolerancia, podemos aceptar valores de hasta un 7-8%.

Como solución al bloqueo excesivo existe el HalfRate. Activando esta opción en alguna celda, cambiamos la codificación de la señal de voz usando un algoritmo VSELP con el que conseguimos el doble de capacidad por TRX a costa de perder algo de calidad en el sonido.

- % Éxito HO: Porcentaje de trasposos de llamada completados con éxito.

UMTS

Aquí entran en juego los siguientes conceptos:

- RRC: Radio Resource Control. Referido a la gestión de los intentos de conexión.
- RAB: Radio Access Bearer. Relacionado con las portadoras radio.
- CS: Dominio de conmutación de circuitos.
- PS: Dominio de conmutación de paquetes.
- HS: Dominio de conmutación de paquetes de alta velocidad.

Los estadísticos que tienen especial relevancia en UMTS son los siguientes:

- % RRC_CS: Porcentaje de intentos de llamada con éxito respecto al total.
- % RRC_PS: Porcentaje de intentos de conexiones de datos éxito respecto al total

Para los intentos de llamada se debería superar el 98%.

- % RAB_CS: Porcentaje de llamadas establecidas con éxito respecto al total.
- % RAB_CS: Porcentaje de conexiones de datos establecidas con éxito.
- % RAB_HS: Porcentaje de conexiones de datos a alta velocidad establecidas exitosamente.

En las conexiones establecidas son valores aceptables los que superen al 96-97%.

- % Caidas CS: Porcentaje de conexiones de voz caídas.
- % Caidas PS: Porcentaje de conexiones de datos caídas.

- % Caídas HS: Porcentaje de conexiones en el dominio de circuito caídas.

Las Caídas tienen especial importancia, no debería de haber valores por encima del 1-2%.

- % Éxito HO 3G-2G: porcentaje de trasposos con celda origen 3G y destino 2G completados con éxito.

En los handover se debería tender a valores por encima del 95%.

4.3.1 Comprobaciones de KPIs.

Generalmente, cuando se enciende una estación, hay que asegurarse al día siguiente de cómo es su comportamiento, ya que si este es excesivamente anómalo, puede perjudicar al funcionamiento global de nuestra red. Es preferible tener que bloquear la estación al día siguiente de encenderla que tenerla muchos días funcionando sin control y que pueda estropear los objetivos de calidad del operador.

El informe que se hace a los dos días del encendido se denomina Informe Básico, y se presentan los siguientes KPIs, recuperados a las 24h:

GSM	Conexiones TCH	% Caídas TCH	% Caídas SDCCH	% Bloqueo TCH	% Éxito HO
Sector1	1215	0,91	0,38	0,46	97,42
Sector 2	3067	0,36	0,44	0,30	98,17
Sector 3	5678	1,09	0,71	0,11	99,53

Tabla 13: IBI para GSM

UMTS	% RRC CS	% RRC PS	% RAB CS	% RAB PS	% RAB HS	% Caídas CS	% Caídas PS	% Caídas HS	% ÉXITO HO 3G-2G
Sector 1	99,54	99,93	99,93	100,00	99,96	0,92	0,28	0,50	67,48
Sector 2	99,68	99,85	99,84	100,00	99,97	0,16	0,21	0,24	95,65
Sector 3	99,81	100,00	100,00	100,00	99,98	0,09	0,18	0,28	97,83

Tabla 14: IBI para UMTS

Los estadísticos se puede consultar en la tabla que son muy buenos, a excepción del HO en el Sector 1 de UMTS que es bastante bajo. Seguramente sea debido a que no se ha definido alguna vecindad importante o no se hizo la carga correctamente. En este caso, habría que avisar de esta circunstancia para que se corrigiera lo antes posible.

Una vez que han transcurrido 7 días de su puesta ONAIR, se hace una nueva consulta de KPIs que será considerada definitiva, debido a que ha transcurrido tiempo suficiente para que se haya estabilizado el comportamiento de la estación.

Esta vez habrá que recuperar estadísticos propios de la estación concreta y también los de su cluster de vecinas en conjunto, a fin de hacer la comparativa del funcionamiento del cluster en la semana -1, cuando no estaba encendida nuestra estación con la semana+1. Así vemos si la inclusión del nuevo emplazamiento ha empeorado la situación general de la zona.

Consultando las estadísticas de la estación para la última semana tenemos los siguientes valores:

GSM	%Conexiones TCH	%Bloqueo TCH	%Caídas TCH	%Exito HO
Sector 1	95,66	0,33	0,81	97,44
Sector 2	96,74	0,66	0,67	96,35
Sector 3	97,81	0,63	0,94	97,67

Tabla 15: Estadísticos a 7 días para GSM

UMTS	% RAB CS	% RRC CS	% RRC PS	% RRC HS	% Caídas HS	% Caídas PS	% Caídas CS	% HO
Sector 1	99,31	99,24	99,37	99,52	0,52	0,38	1,59	99,91
Sector 2	98,68	98,40	98,82	99,43	0,55	0,35	1,05	99,89
Sector 3	99,59	99,34	99,71	99,70	0,32	0,24	0,60	99,92

Tabla 16: estadísticos a 7 días para UMTS

Y para el cluster de vecinas se comparan valores de la semana anterior al encendido con la semana posterior. En cada indicador se debe cumplir la máxima degradación permitida en el entorno. Estas desviaciones son consideradas como correctas cuando son menores a un 5% en el caso de caídas, 10% para intentos RRC y 20% en Indicadores de HO

GSM	SEMANA-1	SEMANA+1	CUMPLE
% Conexiones TCH	98,16	93,97	SI
% Bloqueo TCH	0,42	0,57	SI
% Caídas TCH	0,79	1,02	NO
% Exito HO	97,33	97,85	SI

Tabla 17: Estadísticos del cluster GSM

UMTS	SEMANA-1	SEMANA+1	CUMPLE
%RAB_CS	99,54	99,50	SI
%RRC_CS	99,44	99,45	SI
%RRC_PS	99,60	99,53	SI
%RRC_HS	0,71	0,96	NO
%Caídas PC	0,55	0,51	SI
%Caídas PS	0,45	0,51	NO
% HO	99,38	99,73	SI

Tabla 18: Estadísticos del cluster UMTS

Hay algunos KPIs que no cumplen los requisitos, pero presentan valores suficientemente bajos como para que no tenga demasiada importancia.

Como conclusión del capítulo y colofón del texto general se podría afirmar que la estación en líneas generales cumple todas las especificaciones para la que fue diseñada (niveles de potencia, prestación de cobertura y funcionamiento general) por tanto, queda aceptada para mantenerse en funcionamiento de manera continua en la red.