

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Telecomunicación

Planificación y Optimización de Red 3G

Autor: Achraf ELKAMCH

Tutor: Rafael Boloix Tortosa

Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Planificación y Optimización de Red 3G

Autor:

Achraf ELKAMCH

Tutor:

Rafael Boloix Tortosa

Profesor contratado Doctor

Dep. de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: Planificación y Optimización de Red 3G

Autor: Achraf ELKAMCH
Tutor: Rafael Boloix Tortosa

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

Agradecimiento

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor y profesor Rafael Boloix

Tortosa por su

disposición, dedicación y orientación a lo largo de este proyecto.

A mis Padres Malika & Baghdad y a mis hermanos Siham, Imad y Aymane

que a pesar de la lejanía me han apoyado día a día y

han contribuido muy positivamente al logro de esta etapa de mi vida.

A mi novia Ikram y a la Señora M^a Del Carmen, por ser unos apoyos

incondicional a lo largo de todos estos años. Por sus paciencia en los

momentos más duros y por sus palabras de ánimo.

Quiero agradecer también a todos los que han compartido conmigo las

alegrías y

las dificultades durante el estudio de mi carrera.

Por último quiero agradecer a Allah (Dios) por estar siempre presente en mi

vida y darme la fuerza y motivación necesarias para seguir adelante en todo

momento.

Resumen:

Marruecos ha experimentado cambios significativos en el sector de las telecomunicaciones. Los operadores necesitan mejorar la calidad del servicio para satisfacer la demanda del cliente en un mercado competitivo. En este marco, han contratado una empresa internacional que es ahora el responsable, con un equipo de experiencia en la planificación y la optimización de radio, para administrar las operaciones que conducen a un mayor rendimiento de la red 3G.

En este sentido, el presente Proyecto de Fin de Carrera tiene como objetivo la planificación de una red UMTS en la herramienta ICS Telecom para crear situaciones que permiten analizar el rendimiento de la red.

La metodología utilizada en este proyecto consistió en una primera fase de estudios teóricos para llevar a cabo los distintos factores que afectan a la cobertura y a la velocidad de comunicación por celda, usuario y por la red total. Posteriormente se emprendió la fase de planificación de la red UMTS escogiendo la ciudad de Casablanca como zona para el estudio. Finalmente se realizan distintas simulaciones para evaluar la cobertura, tráfico y rendimiento de la red.

Como resultado general del proyecto se logró alcanzar un alto dominio de la herramienta ICS Telecom en la planificación de redes UMTS, así como obtener el criterio para evaluar y establecer parámetros del programa según valores reales que permitan obtener resultados acorde a los documentos teóricos.

Abstract

Morocco has known an important evolution in the telecommunications sector. The operators must preserve and improve the quality of service to satisfy customer demand and loyalty in an increasingly market competitive. In this context, they have hired an international company is now responsible, with a team of expertise in radio optimization to manage operations which lead to increase the performance of the 3G network.

In this respect, this Final Career Project aims to plan a UMTS network in the tool ICS Telecom software to create situations to analyze the network performance.

The methodology used in this project was the first phase of theoretical studies to bring about the various factors affecting the coverage and the speed communication of cell, user and the total network. In the subsequent planning phase, Casablanca was chosen as the area for deployment. En the final phase of the project, actions were taken to planify the network to assess network coverage, traffic and performance.

As a result of the project, a high level of proficiency in ICS Telecom use was achieved regarding the planning of UMTS networks as well as an understanding of the criterion for evaluating and setting program parameters in order to obtain realistic values according to theoretical documents.

Índice:

Agradecimientos	i
Resumen	iii
Abstract	v
Índice	iv
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xv
Índice Anexos	xvii
Acrónimos	xx
Introducción	1
I-Planteamiento del problema	3
1-1 Propuesta.....	3
1-2 Objetivos.....	3
1-2-1 Objetivo general.....	3
1-2-2 Objetivo específico.....	3
II-Tecnología de la UMTS	5
2-1 Introducción a la norma UMTS.....	5
2-1-1 Objetivo de la UMTS.....	5
2-1-2 Cobertura global de la UMTS.....	5
2-1-3 Clases de Servicio.....	6
2-1-4 Arquitectura de red UMTS.....	6
2-1-5 Organización temporal y frecuencia de la norma UMTS.....	8
2-2 El principio de la UTRAN.....	9
2-2-1 los elementos de la UTRAN.....	10
2-2-2 Método de acceso WCDMA.....	13
2-2-2-1 WCDMA.....	13
2-2-2-2 El modo TDD.....	14
2-2-2-3 El modo FDD.....	15
2-2-2-4 Códigos utilizados en el UTRAN.....	16
2-2-3 Torre de protocolos del interfaz radio Uu.....	18
2-2-4 Los canales de la UTRAN.....	20

2-2-4-1 Canales lógicos.....	21
2-2-4-2 Canales de transporte.....	21
2-2-4-3 Canales físicos.....	22
2-2-2-4 Correspondencia entre canales.....	24
2-2-5 Gestión de recursos radio (RRM: Radio Resource Management).....	25
2-2-5-1 Traspasos (Handover).....	26
2-2-5-2 Control de potencia.....	26
III-La tecnología HSDPA.....	29
3-1 Introducción a la HSDPA.....	29
3-2 Canales HSDPA.....	30
3-3 Modulación y codificación Adaptativa AMC.....	30
3-4 Mecanismo de petición de repetición híbrida automática HARQ.....	32
3-5 Programación Rápida de paquetes (Fast Scheduling).....	32
IV-El Proceso de Planificación.....	35
4-1 Objetivo de la planificación.....	35
4-2 Proceso de planificación.....	36
4-3 Herramientas de planificación.....	36
4-4 Posicionamiento y selección de los sitios candidatos.....	37
4-5 Parámetros de los sitios.....	38
4-6 Posicionamiento y parámetros de las antenas.....	38
V-El proceso de optimización.....	41
5-1 Procedimiento de optimización.....	41
5-2 Drive-Test.....	42
5-2-1 Tipos de Drive-Test.....	43
5-3 Indicador clave de rendimiento (KPI-Key Performance Indicator).....	46
5-4 Problemas de optimización de RF.....	48
5-4-1 Problemas de Cobertura.....	48
5-5 Los problemas relacionados con el fenómeno de la Pilot Pollution.....	49
5-5-1 El análisis de las causas y consecuencias.....	49
5-5-2 Solución para los problemas de Pilot Pollution.....	50
5-6 Análisis de los problemas de traspaso.....	51
5-6-1 Las causas de fracaso del Handover.....	51
5-6-2 Soluciones para optimizar el "Handover" 3G-2G.....	53
VI -Planificación de un clúster.....	55
6-1 Descripción de la región a planificar.....	55
6-2 Planificación de la región.....	56

6-2-1 La simulación en el programa ATDI ICS Telecom.....	56
6-2-2 Análisis de preliminares del clúster.....	57
6-2-3 Despliegue del clúster.....	61
6-2-4 Análisis de cobertura.....	66
6-2-5 Análisis de interferencias.....	71
6-2-6 Subscriptores.....	75
6-2-7 Planificación de vecindades.....	84
VII-Conclusión.....	89
VIII-ANEXOS.....	91
IX-Bibliografías.....	97

Índice de tablas:

Tabla 2-1: Interfaces en UMTS.....	11
Tabla 2-2: Diferencia entre el modo TDD y FDD.....	16
Tabla2-3: Canales lógicos en canales transporte.....	25
Tabla 2-4: Canales físicos en canales transporte.....	25
Tabla 5-1: Nivel de coberturas clasificadas por RSCP y la E_c/N_0	48
Tabla 6-1: Resultados de los cálculos de régimen binario.....	58
Tabla 6-2: Número de las estaciones base.....	59
Tabla 6-3: Perfiles de los servicios.....	76

Índice de Figuras:

Figura 2-1: Jerarquía de las células de la UMTS.....	5
Figura 2-2: Clases de servicios.....	6
Figure 2-3: Arquitectura Global de red UMTS.....	7
Figura 2-4: Las bandas de frecuencias asignadas para las IMT-2000.....	8
Figura 2-5: La dúplexación por división en las bandas emparejado y no emparejado.....	9
Figura 2-6: Estructura de trama UMTS.....	9
Figura 2-7: Arquitectura de UTRAN.....	10
Figura 2-8: Nodo B con antena Sectorial /Nodo B con antena omnidireccional.....	11
Figura 2-9: Serving y Drift RNC.....	12
Figura 2-10: Acceso CDMA.....	13
Figura 2-11: Ensanchamiento de Espectro.....	14
Figura 2-12: Modo TDD.....	15
Figura 2-13: Modo FDD.....	15
Figure 2-14: Mecanismo de Scrambling.....	16
Figura 2-15: Arbole des códigos OVSF.....	17
Figura 2-16: Arquitectura de capas del interfaz Uu.....	19
Figura 2-17: Ensanchamiento en el enlace ascendente.....	23
Figura 2-18: Correspondencia entre canales.....	25
Figura 2-19: Control de Potencia.....	27
Figura 3-1: Arquitectura de sistema HSDPA.....	29
Figura 3-2: Constelaciones de la modulación 16-QAM y QPSK.....	31
Figura 4-1: Patrón de radiación de una antena.....	38
Figura4-2: Componentes de un Tilt a la derecha, efecto del Tilt a la izquierda...	39

Figura 5-1: Drive-Test.....	42
Figura 5-2: Esquema de optimización.....	43
Figura 5-3: SSV visualización de Scrambling Codes.....	44
Figura 5-4: Clúster Test visualización de Scrambling Codes.....	45
Figura 5-5: Mecanismo de extracción de KPIs.....	46
Figura 5-6 : Antena RF y Feeders.....	49
Figura 5-7: Ilustración del problema del “Call Drop”.....	52
Figura 6-1: Ciudad de CASABLANCA Marruecos.....	55
Figura 6-2: Ventana del gestor de proyectos.....	57
Figura 6-3: Ventana de dimensionamiento del radio de una célula.....	58
Figura 6-4: Ventana del resultado de la zona cubierta por la máscara.....	59
Figura 6-5: Ventana de cálculo del número de abonados a un sector.....	60
Figura 6-6: Ventana de Preferencia general de programa ICS Telecom.....	61
Figura 6-7: Ventana de propiedad de objetos en la mapa.....	62
Figura 6-8: Ventana para la importación de ficheros *.csv de estaciones base.....	63
Figura 6-9: Pestaña General del cuadro Parámetros Tx/Rx.....	63
Figura 6-10: Pestaña Radiación del cuadro Parámetros Tx/Rx.....	64
Figura 6-11: Pestaña Canales del cuadro Parámetros Tx/Rx.....	64
Figura 6-12: Pestaña Avanzado del cuadro Parámetros Tx/Rx.....	65
Figura 6-13: Ventana para crear una celda tri-sectorial.....	66
Figura 6-14: Ventana de modelo de propagacion.....	67
Figura 6-15: Ventana de configuración de Modelo de propagación.....	67
Figura 6-16: Ventana de configuración del Clutter.....	68
Figura 6-17: Ventana de configuración de Parámetros de Cobertura.....	68
Figura 6-18: Nivel de señal para Cobertura 3G RSCP.....	69
Figura 6-19: Nivel de señal para Cobertura Compuesta.....	69

Figura 6-20: Grafica para el análisis de cobertura.....	70
Figura 6-21: Cobertura de Mejor servidor.....	71
Figura 6-22: Ventana de configuración de Interferencia de red W/CDMA maps.....	72
Figura 6-23: Resultados de análisis de Interferencia de red WCDMA maps.....	72
Figura 6-24: Cobertura de interferencia con tasa de datos de 512 Kbps.....	73
Figura 6-25: Cobertura de interferencia con tasa de datos de 12.2 Kbps.....	74
Figura 6-26: Parámetros técnicos de los terminales (suscriptores).....	76
Figura 6-27: Base de datos de los suscriptores.....	77
Figura 6-28: Distribución de abonados en la zona de cobertura.....	77
Figura 6-29: Ventana de Emparentamiento CDMA de suscriptores.....	78
Figura 6-30: Despliegue de pestaña IRF de la ventana Emparentamiento CDMA.....	79
Figura 6-31: Informe de emparejamiento de suscriptores.....	79
Figura 6-32: Configuración de la simulación de Montecarlo.....	80
Figura 6-33: Gráfica e Informe de simulación Montecarlo.....	81
Figura 6-34: Suscriptores activos tras la simulación Montecarlo.....	82
Figura 6-35: BBDD de los Suscriptores emparejados que cumplen el umbral E_c/I_o	82
Figura 6-36: Simulación de cobertura desde los suscriptores.....	83
Figura 6-37: Suscriptores emparejados.....	83
Figura 6-38: Configuración de la planificación de vecindad.....	84
Figura 6-39: Parte del informe de planificación de vecindad.....	85
Figura 6-40: Lista de vecindad por antena.....	85
Figura 6-41: Asignación de códigos de aleatorización.....	86
Figura 6-42: Código de aleatorización de una antena.....	86

Índice de Anexos:

Figura A-1: Control de potencia en bucle abierto.....	92
Figura A-2: Control de potencia en bucle cerrado.....	93
Figura A-3: El mecanismo de control de potencia en bucle interno en DL.....	93
Figura A-4: El mecanismo de control de potencia en bucle externo en DL.....	94
Figura A-5: Mecanismo de Soft/Softer Handover en la red UMTS.....	96
Figura A-6: Mecanismo de Hard Handover en la UMTS.....	96

Acrónimos:

2G: Second Generation
3G: 3rd Generation
3GPP: 3rd Generation Partnership Project

A
AMR: Adaptive Multi Rate
AMC: Adaptive Modulation and Coding

B
BMC: Broadcast/Multicast Control

C
CN: Core Network
CQI : Channel Quality Indicator
CS: Circuit-switched

E
Ec/Io: Chip energy over noise power spectral density
Eb/No: Bit Energy on the Spectral Noise Density

F
FDD: Frequency Division Duplexing
FDMA: Frequency Division Multiple Access
FEC: Forward Error Correction
FTP: File Transfer Protocol

G
GSM: Global System for Mobile Communications
GPRS: General Packet Radio Service
GPS: Geographical Position System

H
HARQ: Hybrid Automatic Repeat Request
HSDPA: High Speed Downlink Packet Access

V
VLR: Visitor Location Register

K
KPI: Key Performance Indicator

M
MAC: Medium Access Control
MSC: Mobile Switching Center

P
PS: Packet Switched Domain
PDU: Protocol Data Unit.

O
OMC: Operation and Maintenance Center
OSI: Open Systems Interconnection
OVSF: Orthogonal Variable Spreading Factor

Q
QAM: Quadrature Amplitude Modulation
QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

R
RAT: Radio Access Technology
RF: Radio Frequency
RLC: Radio Link Control
RNC: Radio Network Controller
RRC: Radio Resource Control
RRM: Radio Resource Management
RSCP: Received Signal Code Power

S
SGSN: Serving GPRS Support Node
SMS: Short Message Service
SSV: Single Site Verification

T
TDD: Time Division Duplexing
TDMA: Time Division Multiple Access

U
UE: User Equipment
UMTS: Universal Mobile Telecommunication Services
USIM: Universal Subscriber Identity Module

W

WCDMA: Wideband Code Division Multiple
Access

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access
Network

Introducción:

El término de telecomunicación se refiere a la técnica de transmitir un mensaje desde un punto a otro. Es toda transmisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

La telefonía móvil ha sufrido una gran evolución. En años anteriores, únicamente prestaba servicios de comunicación por voz y por mensajes de texto, sin embargo, gracias a la aparición de nuevas tecnologías para móviles (WAP, GPRS, UMTS, 4G), también ofrece un acceso a Internet y a otros servicios. Es una de las comunicaciones de mayor uso, lo que ha originado un aumento de las ventas en el sector de servicios móviles, ya que puede reunir múltiples servicios, tales como funciones de telefonía móvil, agenda, vídeo, reproductor multimedia, ordenador portátil ...etc., en un único terminal móvil.

El sector de las telecomunicaciones ha desempeñado un papel dinámico en el desarrollo de todas las actividades económicas del país (Marruecos). Ha pasado por una notable evolución desde la independencia. Con la saturación de 2G y sus límites de velocidad y servicios, y con el progreso que ha conocido el mundo de la tecnología de procesamiento de señal, los operadores de las telecomunicaciones han pensado a crear una tercera generación representada por el UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) 3G, que trajo una mejora que puede soportar nuevos servicios con buena calidad de voz y datos. Sin embargo, con la demanda excesiva y el aumento del número de abonados, se demuestra que esta tecnología no persiste más. Entonces era necesario empujar el desarrollo de otras mejoras para aumentar la capacidad. Así nació la HSPA (High Speed Packet Access) 3G+ proporcionando mejora en el rendimiento.

La optimización de las redes de acceso para un operador, es una cuestión fundamental para ahorrar las inversiones, reducir el número de sitios a implementar y garantizar una buena calidad de servicio a los usuarios. Una vez que la red está operativa, el operador debe garantizar su buen funcionamiento.

I-Planteamiento del Problema

1-1 Propuesta:

En este proyecto se propone llevar a cabo la planificación y la optimización de una red 3G con la herramienta ICS Telecom para estudiar diversos parámetros relacionados a esta red.

Especialmente se propone realizar un análisis detallado de los distintos factores que intervienen en el proceso de planificación para observar el impacto de cada uno de ellos en la obtención de cobertura y velocidad de transmisión por usuario, por celda, y toda la zona. Así como en la cantidad de usuarios que pueden satisfacer sus demandas de tráfico.

1-2 Objetivos:

1-2-1 Objetivo general:

Planificación y optimización de una red 3G con la herramienta ICS Telecom para observar el impacto de los distintos factores sobre la cobertura, tráfico...etc.

1-2-2 Objetivo específico:

- Estudiar las características del sistema de telefonía móvil UMTS.
- Estudiar los aspectos necesarios que intervienen en el proceso de planificación y optimización de una red 3G en la herramienta ICS Telecom.
- Aprender a utilizar la herramienta ICS Telecom y determinar cada uno de los parámetros que intervienen en el modelado de la red.
- Planificar una red 3G en la ciudad de CASABLANCA y garantizar el funcionamiento de la red.
- Comprobar el rendimiento de la red al usar distintas técnicas de diversidad disponible en ICS Telecom.

II-Tecnología de la UMTS

2-1 Introducción a la norma UMTS:

La red UMTS nos permite agregar las funcionalidades Multimedia que son servicios en modo paquetes. La UMTS se basa en la técnica de acceso múltiple WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Es una técnica de espectro ensanchado, entonces el acceso múltiple para el GSM se hace para una combinación de división temporal TDMA (Time Division Multiple Access) y de división frecuencial FDMA (Frequency Division Multiple Access) [2].

2-1-1 Objetivo del UMTS:

Para atender las necesidades, los siguientes diversos objetivos se fijaron para el UMTS en el cuadro de las actividades de investigación y de normalización en Europa y en el plano mundial. En primer lugar el UMTS debe soportar servicios multimedia de banda ancha que pueden alcanzar una velocidad de 2 Mbps. Además, debe asegurar la compatibilidad con los sistemas 2G en términos de servicios ofrecidos a los usuarios. El objetivo más interesante es asegurar la itinerancia (Roaming International), que consiste a proporcionar un servicio universal de la movilidad, superando las limitaciones debido a la multiplicidad de sistemas y redes. Pues la cobertura del UMTS será mundial.

2-1-2 Cobertura global del UMTS:

La cobertura global del planeta se organiza en una estructura jerárquica de células que asegurara la itinerancia mundial. En la parte superior de la jerarquía son los satélites que proporcionan la cobertura de todo el planeta. En la siguiente figura se ilustra la cobertura global de una red UMTS.

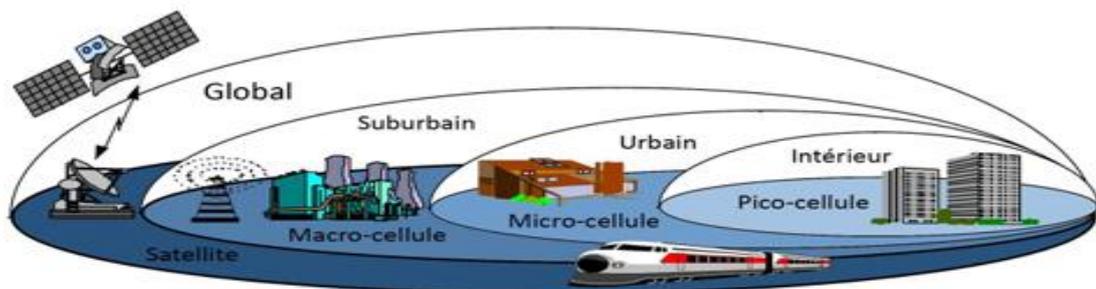


Figura 2-1: Jerarquía de las células del UMTS [5].

La red del radio terrestre se encarga de la cobertura del suelo por una distribución jerárquica pico, micro y macro-celular. El componente de satélite sirve para la itinerancia mundial y para completar la cobertura de la UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Picocélulas están diseñadas para cubrir edificios, es decir, un ambiente INDOOR, microceldas para las áreas urbanas y suburbanas densas y las macrocélulas que aseguran la cobertura en medios rural [1].

2-1-3 Clases de Servicio:

Las clases de servicio se definen de acuerdo con dos limitaciones, que son el plazo de transferencia y la tolerancia de los errores de transmisión. Al lado de estas restricciones, hay cuatro clases de servicios ofrecidos. Estos cuatros servicios se dividen en dos grupos:

- Clase conversacional: se trata de aplicaciones en tiempo real.
- Clase streaming (Video, audio, FTP...etc.): se refiere a los errores de transmisión de datos sensibles y se trata de clase interactiva (Navegación Web, E-Commerce) y de la clase background (Mail, SMS, FAX).

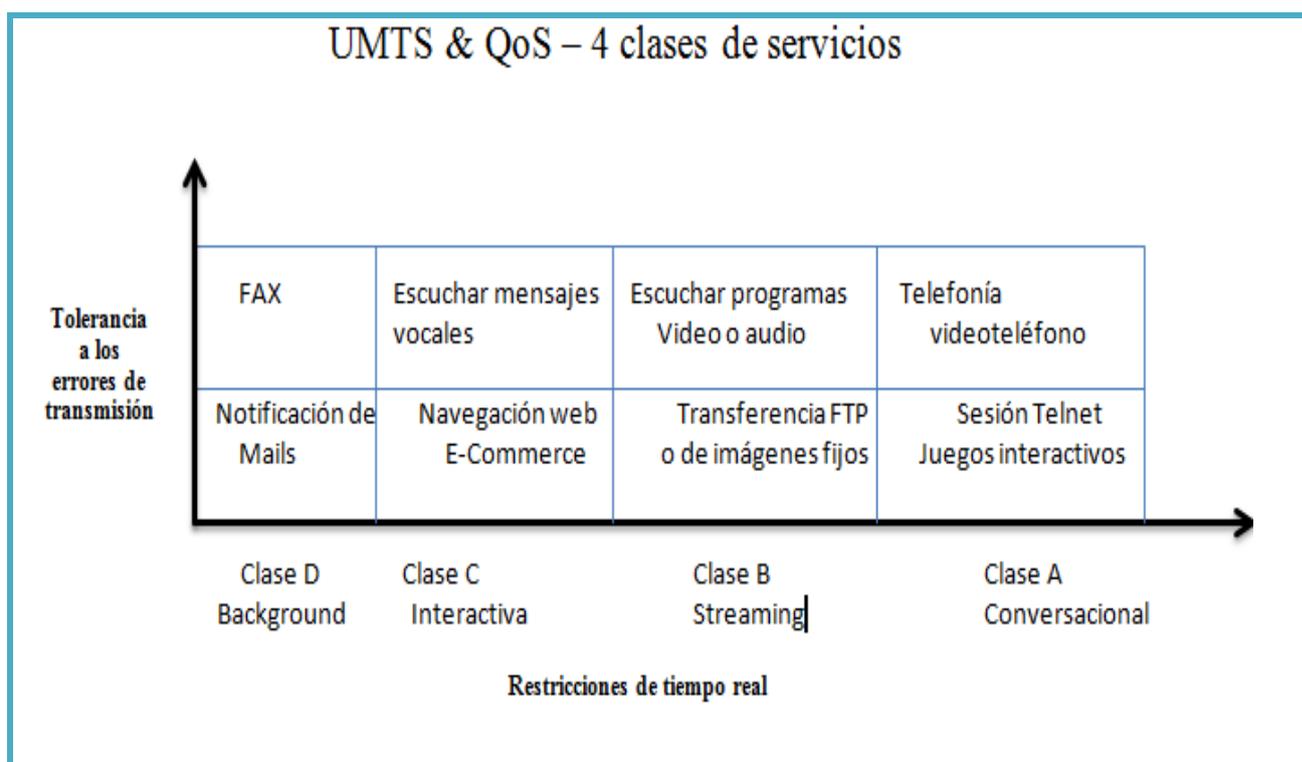


Figura 2-2: Clases de servicios [8].

2-1-4 Arquitectura de red UMTS:

La arquitectura de una red UMTS se divide en tres entidades principales como se especifica por el grupo de estandarización 3GPP. La primera entidad es la red troncal (Core Network), la

segunda es la red de acceso de radio UTRAN y la tercera entidad es el equipo terminal UE (User Equipment) [2].

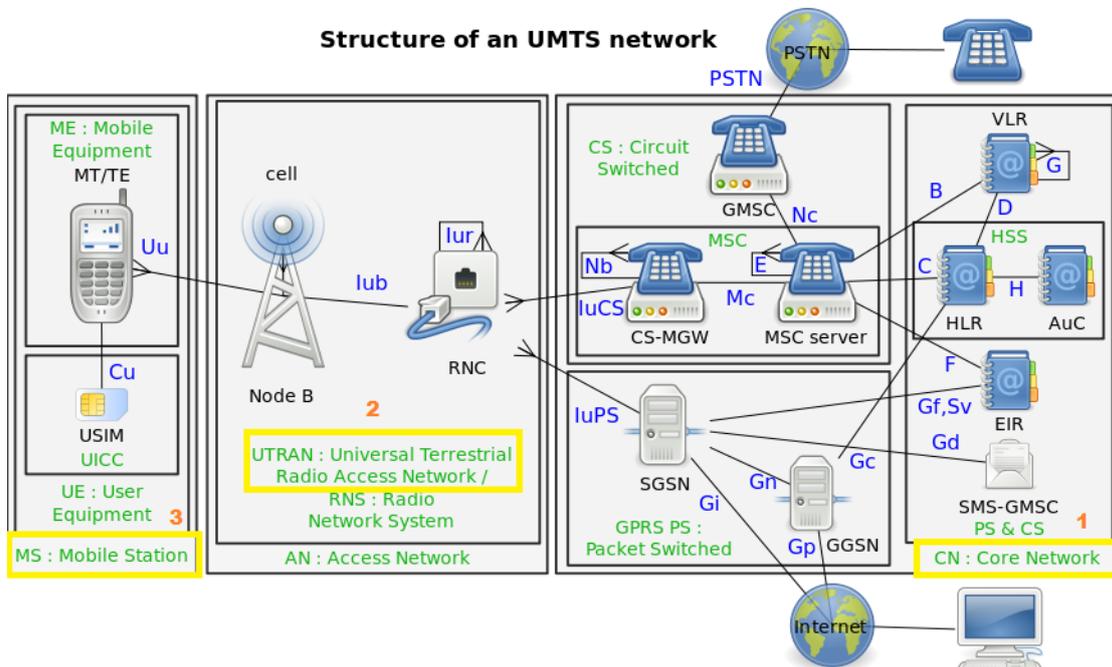


Figure 2-3: Arquitectura Global de red UMTS.

Los elementos que se muestran en esta figura se detallan a continuación.

El usuario del UMTS está equipado con un UE (User Equipment), que está compuesto por el ME (Mobil Equipment) que corresponde a la combinación telefónica (Terminal Mobil) y la tarjeta USIM (UMTS Subscriber Identity Module). La USIM es similar a una tarjeta SIM GSM, que almacena las identidades del abonado, tales como IMSI, TMSI, P-TMSI, los datos de suscripción, la clave de seguridad (Ki) y los algoritmos de autenticación y generación de la clave de cifrado. La UE puede conectarse simultáneamente a las zonas de circuito (MSC) y de paquetes (SGSN) y luego se puede tener al mismo tiempo un servicio GPRS y de comunicación telefónica.

La zona de Infraestructura se compone de dos áreas:

La red de acceso de radio UTRAN: proporciona funciones de acceso a la red para el encaminamiento de la información (datos de tráfico y de señalización) del usuario a la Red Troncal (Core Network). Se compone de varios elementos, una o más estaciones base llamadas Nodo B, los controladores de radio RNC (Radio Network Controller) y las interfaces de comunicación entre los diferentes elementos de la red UMTS. La UTRAN proporciona a los equipos de usuarios los recursos de radio y los mecanismos para acceder a la Red Troncal. Esta es la innovación más importante del UMTS. Veremos esta parte detallada más adelante.

La Red Troncal: incluye funciones para la gestión de llamadas, itinerancia, seguridad y comunicación con redes externas, permite también a los usuarios que se comunican dentro de la misma red telefónica móvil y proporciona la interconexión de este último con redes internas o externas, fijas o móviles, digitales o analógicas [2].

2-1-5 Organización temporal y frecuencial de la norma UMTS:

Las bandas de frecuencias asignadas para las IMT-2000 son 1885-2025MHz y 2110 2200MHz. Este espectro global comienza a ser utilizado de manera diferente en algunas regiones, dando por resultado que el espectro para IMT-2000 no está armonizado mundialmente.

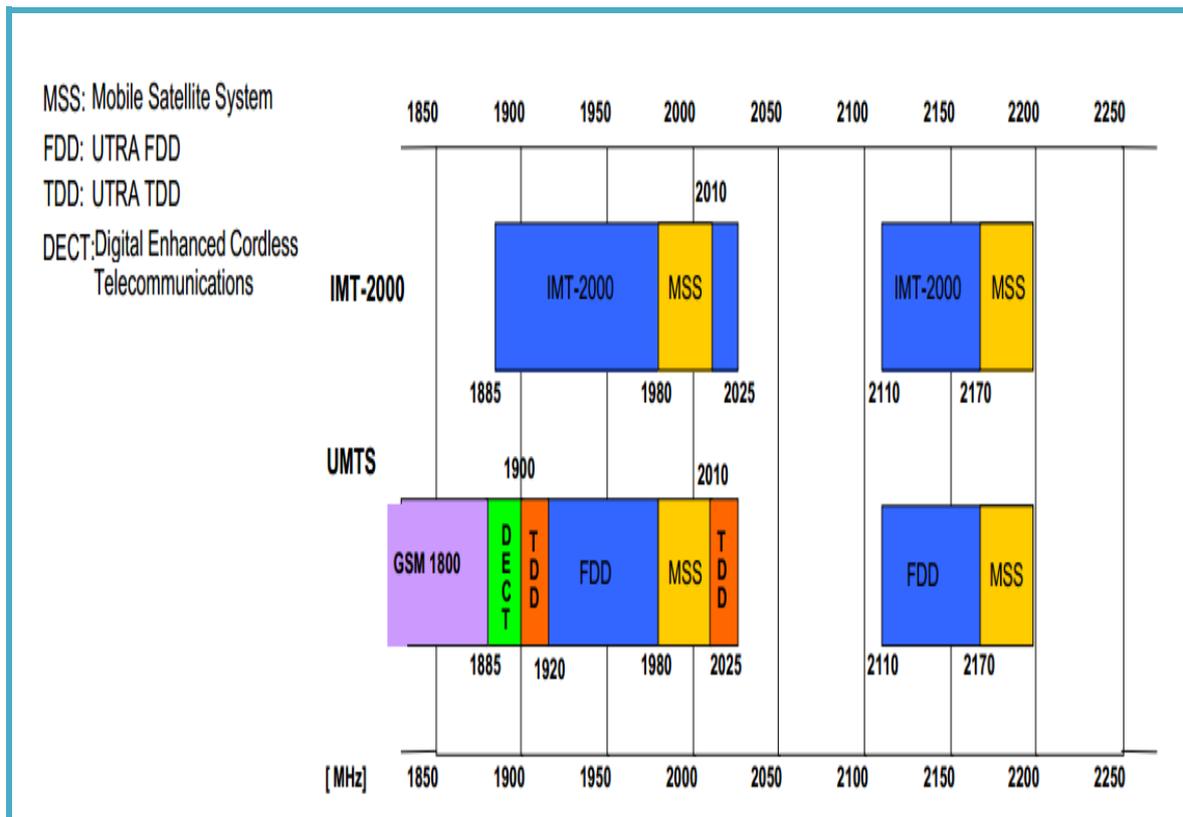


Figura 2-4: Las bandas de frecuencias asignadas para las IMT-2000

La dúplexación por división en las bandas “emparejadas” (es decir 2×60 MHz), es frecuencial. La separación dúplex es de 190 MHz. Se utiliza en estas bandas un acceso WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

La dúplexación por división en las bandas “no emparejado” es temporal. Utilizamos estas bandas en TD-CDMA (Time-Division-Code Division Multiple Access).

Los dos modos de acceso deben ser armonizados para facilitar la realización de terminales de modo dual TDD / FDD de bajo coste.

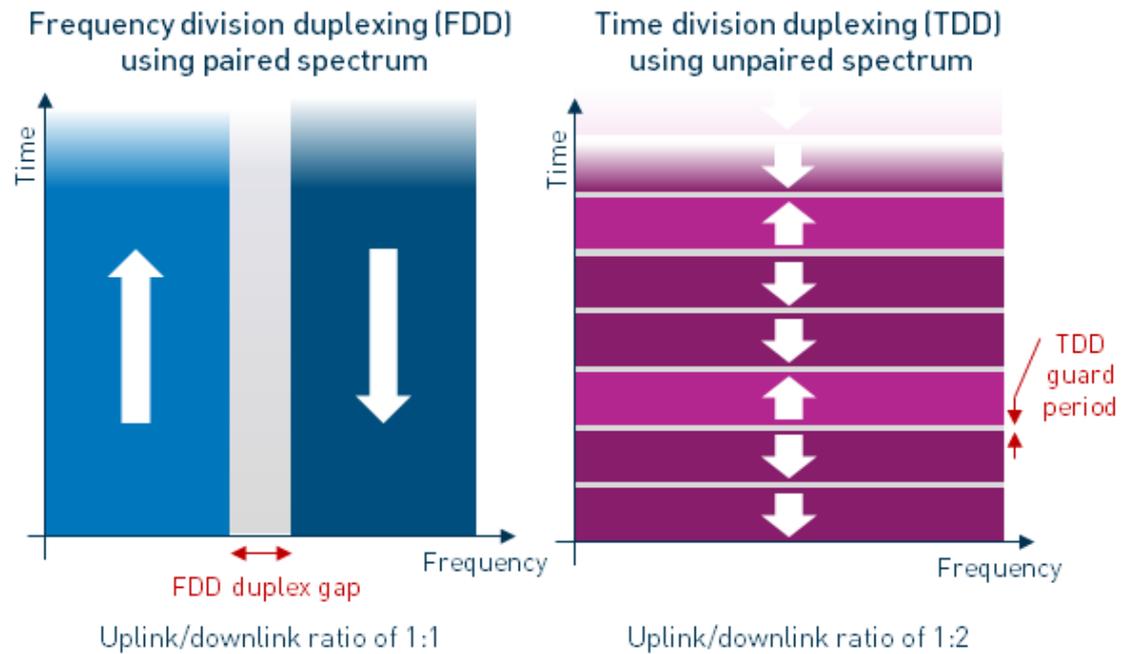


Figura 2-5: La dúplexación por división en las bandas emparejado y no emparejado.

La organización temporal de UMTS se basa en una supertrama de 720ms, en si misma comprende 72 tramas de 10ms. Cada trama de 10ms se divide en 15 intervalos de 667 microsegundos (T_c tiempo del chip, es igual a 0,26ms), esta organización se presenta en la siguiente figura:

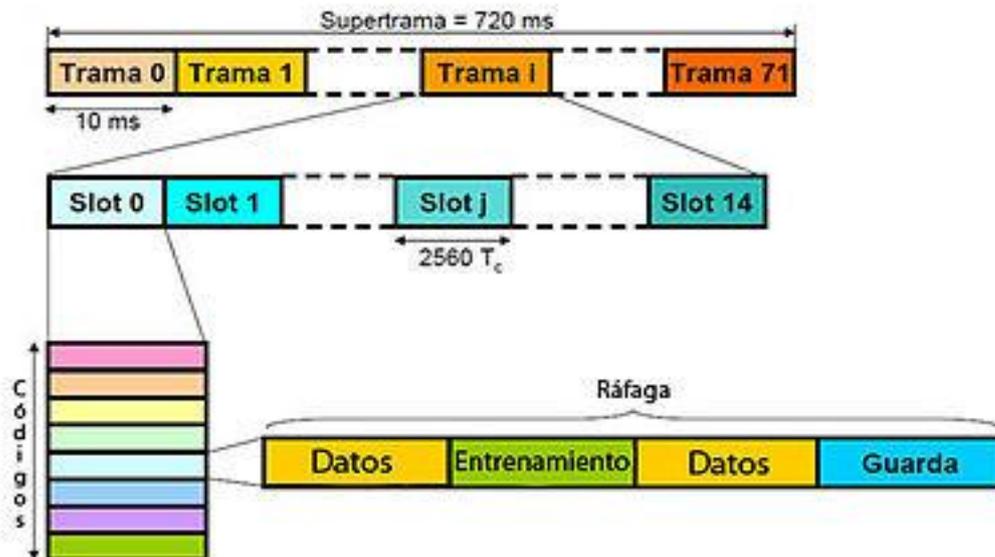


Figura 2-6: Estructura de trama UMTS.

2-2 El principio de la UTRAN:

La UTRAN significa red de acceso de radio terrestre universal. Es responsable de la gestión de recursos y de supervisión de radio y permite el intercambio de información entre el dispositivo y la red troncal a través de las interfaces Uu e Iu. Sin embargo, responsable de otros asuntos:

- **Movilidad:** Una estimación de la posición geográfica posible con la ayuda de la red de acceso UTRAN.
- **Gestión de recursos de radio:** La red de acceso es responsable de asignar y mantener los recursos de radio necesarios para la comunicación.
- **Sincronización:** Se encarga de mantener la base temporal de referencia de la telefonía móvil para transmitir y recibir información.
- **Seguridad:** Permite la confidencialidad y protección de la información intercambiada por la interfaz de radio que utiliza algoritmos de cifrado y de integridad.

2-2-1 los elementos de la UTRAN:

La red de acceso UTRAN se compone de varios elementos, una o más estaciones base llamadas NodoB, controladores de radio RNC (Radio Network Controller) y las interfaces de comunicaciones entre los diferentes elementos de la red UMTS.

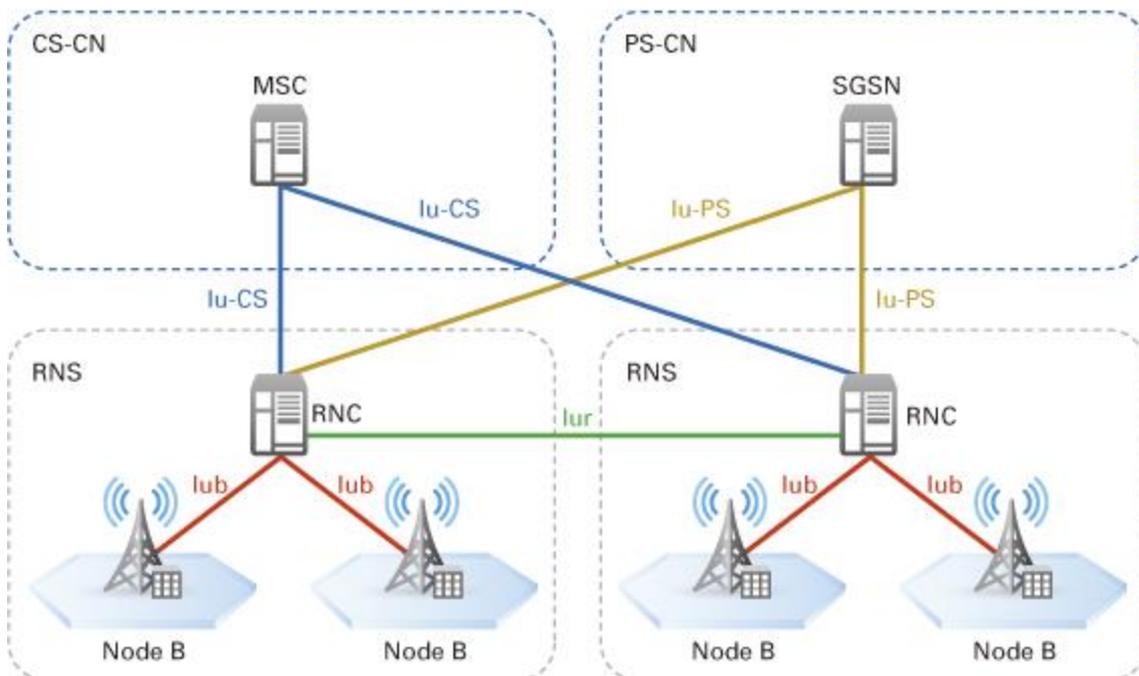


Figura 2-7: Arquitectura de UTRAN

NodoB: La principal función de Nodo B es asegurar las funciones de recepción y transmisión de radio a una o más células de la red de acceso. Es una antena que actúa como los BTS para GSM. Gestiona la capa física de la interfaz de radio. Regula la codificación de canales, el entrelazamiento y la adaptación de velocidad. Se comunican directamente con el móvil. Podemos encontrar dos tipos de nodo B:

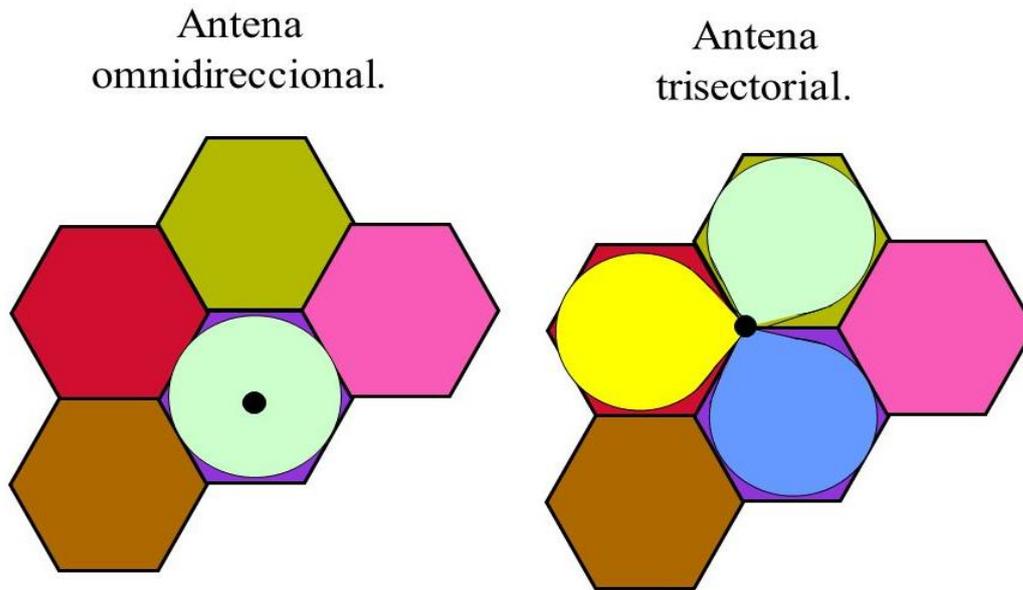


Figura 2-8: Nodo B con antena Sectorial /Nodo B con antena omnidireccional.

Los interfaces: los principales interfaces de los equipos de UMTS se definen en la siguiente tabla:

Tabla 2-1: Interfaces en UMTS [2].

Interfaces	Localización	Descripción	Equivalente GSM/GPRS
Uu	UE \leftrightarrow UTRAN	Interface de radio que permite al móvil de comunicar con la UTRAN	UM
Iu	UTRAN \leftrightarrow CN	Iu-CS permite a RNC de comunicar con la MSN/VLR	A
		Iu-PS permite a RNC de comunicar con la SGSN	Gb
Iur	RNC \leftrightarrow RNC	Comunicación entre dos RNC.	-
Iub	RNC \leftrightarrow Nodo B	Comunicación entre el NodoB y la RNC	Abis

RNC: controla y gestiona los recursos de radio mediante el protocolo RRC (Radio Resource Control) para la definición de los procedimientos y la comunicación entre móviles (a través de los nodos B) y la red.

La RNC está conectada directamente a un nodo B, entonces gestiona:

- El control de la carga y la congestión (saturación) de los diferentes Nodo B.
- El control de admisión y la asignación de códigos CDMA para nuevos enlaces de radio (acceso de un móvil en la zona de las células gestionadas).
- El control de potencia en bucle externo y el control del Handover.
- La secuenciación de transmisión de datos en modo paquete.
- La combinación/distribución de señales procedentes o con destino a los diferentes nodos B en una situación de macrodiversidad.

Existen dos tipos de RNC:

Serving RNC (RNC de servicios): La cual es la puerta de entrada (Gateway) a la red, gestiona las conexiones de radio con el móvil, y es el punto de unión a la red troncal (Core Network) a través de la interfaz Iu (ver figura 2-9). Controla y ejecuta el Handover.

Drift RNC (RNC de compensación): Cuya principal función es el enrutamiento de datos:

- El Drift RNC, por el orden de Serving RNC, gestiona los recursos de radio de las estaciones base que dependen del Drift RNC.
- Realiza la recombinación de enlaces debido a la macrodiversidad, varios enlaces de radio se establecen con las estaciones base que se le atribuye.
- Encaminar los datos de usuarios hacia la Serving RNC en el enlace ascendente y para sus estaciones base en el enlace descendente.

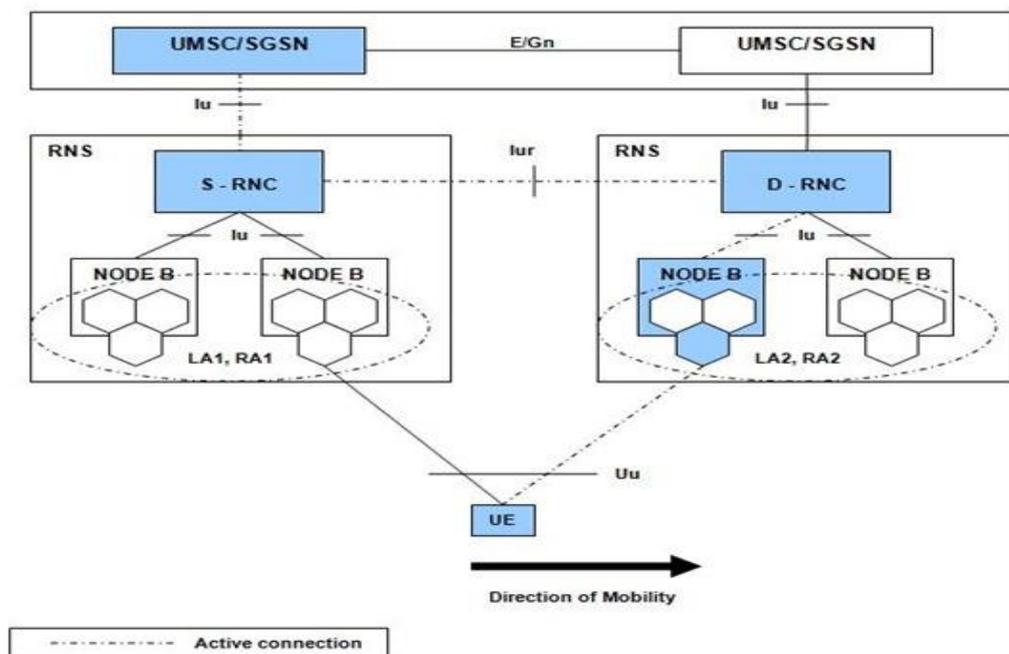


Figura 2-9: Serving y Drift RNC

2-2-2 Método de acceso WCDMA:

En los diversos foros de normalización, la tecnología WCDMA ha demostrado que ha sido la más adaptada para la UMTS.

Dentro del 3GPP (3rd Generation Partnership Project), la WCDMA se llama UTRA (Universal Terrestrial Radio Access) FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), por lo tanto el termino WCDMA se utiliza para cubrir tanto FDD y TDD [2].

2-2-2-1 WCDMA:

Para entender los conceptos de WCDMA, es importante comprender la técnica de CDMA.

La CDMA (Code Division Multiple Access) es una técnica de acceso múltiple en la que varios usuarios se pueden comunicar al mismo tiempo aprovechando la misma banda de frecuencia.

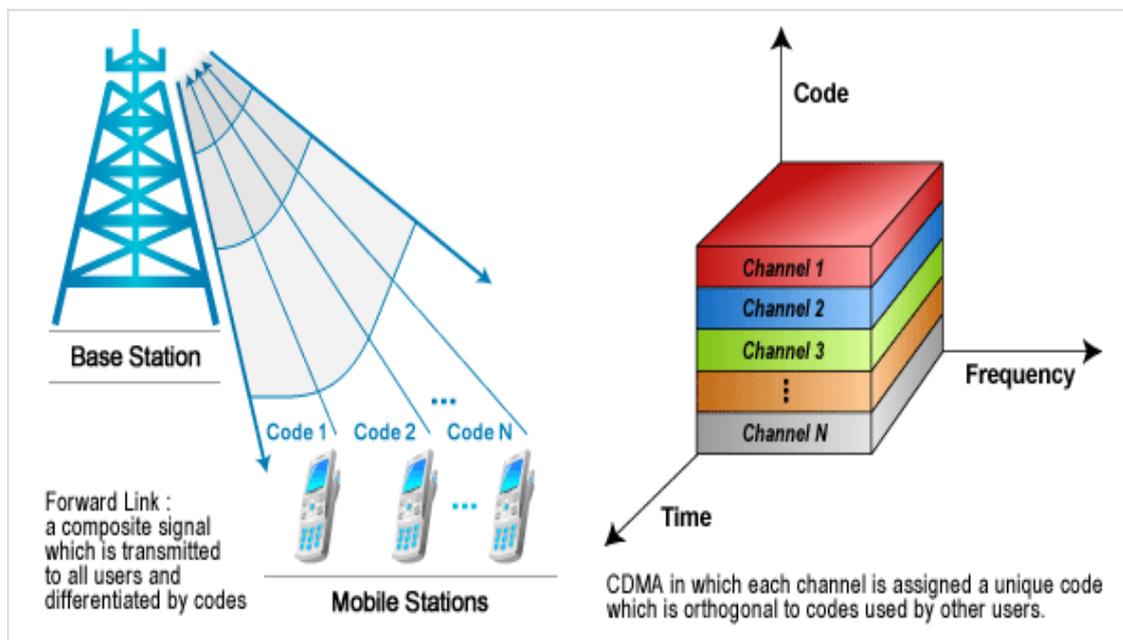


Figura 2-10: Acceso CDMA.

La distinción entre cada usuario se realiza mediante códigos conocidos exclusivamente por el interfaz transmisor y del receptor, este modo, específicamente WCDMA que se utiliza para la red de acceso del UMTS, se llama banda ancha con ancho de banda de 5 MHz.

La señal pasa de velocidad dada D_d a velocidad Chips D_c y por tanto tiene un amplio espectro en la medida en que se utiliza una secuencia cerca de la aleatoria. Este último se utiliza periódicamente, (su periodo puede ser de varios símbolos). El cociente $L = \frac{D_c}{D_d}$ puede ser interpretado como un factor o ganancia.

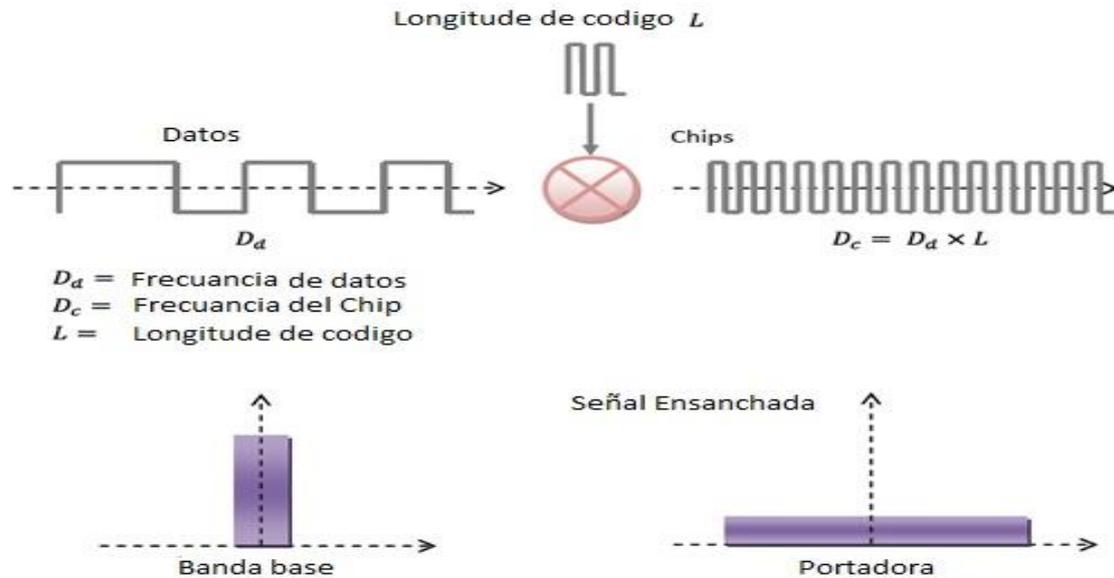


Figura 2-11: Ensanchamiento de Espectro.

Para recuperar la información en recepción, el receptor debe realizar la misma operación, genera la misma secuencia de ensanchamiento y la multiplica a la señal recibida. Los datos codificados por esta secuencia se restauran [2].

Las ventajas de WCDMA son:

- Una ganancia de procesamiento más elevada. De hecho, en la ampliación de la banda, la señal es menos sensible a la interferencia, esto también incrementa el número de usuarios en una celda.
- Alta velocidad de transmisión (hasta 2 Mbps).
- Velocidad variable (ancho de banda bajo demanda).
- La coexistencia de sistemas 2G y 3G.
- La coexistencia de modos FDD y TDD.
- Mejor rendimiento para la detección de varias rutas. De hecho, en un canal de propagación por trayectos múltiples, las versiones desplazadas de la señal transmitida llegan a diferentes intervalos de tiempo. Esta propiedad, que era una desventaja en otros sistemas, se utiliza en un sistema CDMA mediante la combinación de las señales para reducir la tasa de error y por lo tanto obtener un rendimiento mejor.

2-2-2-2 El modo TDD:

En el modo TDD, una sola frecuencia y única se utiliza alternativamente por las comunicaciones bidireccionales. Esta técnica es más flexible cuando el espectro está disponible solo en cantidades limitadas.

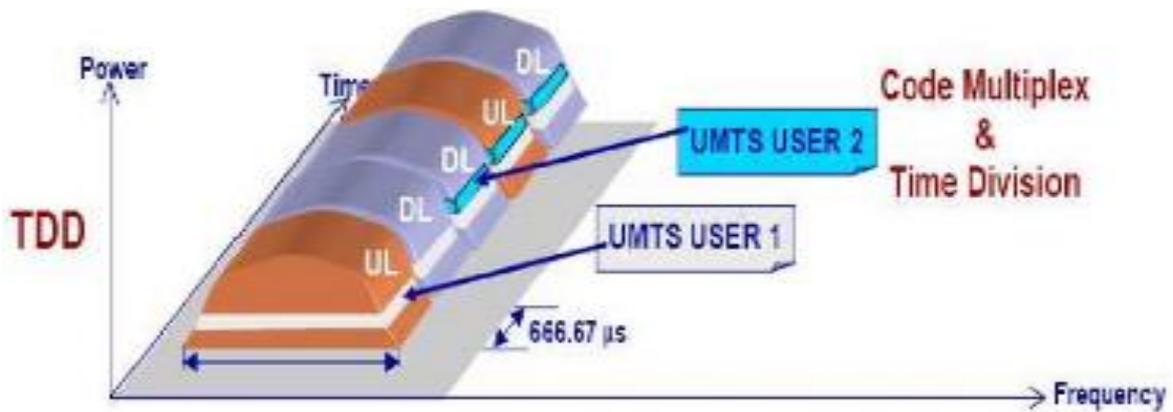


Figura 2-12: Modo TDD.

Los operadores siguen buscando la mejor manera de utilizar este ancho de banda, en el siguiente apartado vamos a describir el modo FDD, el modo utilizado en el WCDMA.

2-2-2-3 El modo FDD:

En el modo FDD, cada dirección de comunicación utiliza una frecuencia particular. El móvil y la red pueden transmitir simultáneamente. Una desventaja de esta técnica está en el hueco dúplex entre dos canales de comunicación utilizados para separar las fases de transmisión y recepción. La necesidad de mantener este hueco denominada banda de guarda, lo que resulta una infrautilización del espectro.

En FDD, generalmente se asigna la misma banda de espectro para la comunicación bidireccional, que es muy adecuada para aplicaciones con velocidad simétrica como la telefonía. Sin embargo, cuando los flujos están desequilibrados como el caso de la navegación por Internet, esta técnica no es óptima. En este caso, el modo TDD parece el más adecuado que el FDD, porque permite a favorecer una dirección de comunicación con respecto a la otra por la asignación de recursos no simétricos.

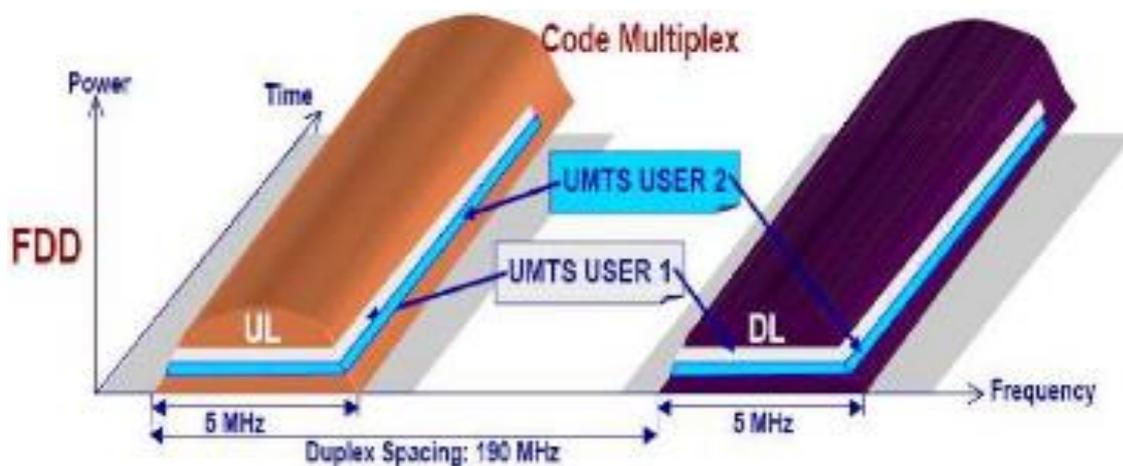


Figura 2-13: Modo FDD

La siguiente tabla nos presenta las principales diferencias entre los modos TDD y FDD:

Tabla 2-2: Diferencia entre el modo TDD y FDD

	Modo TDD	Modo FDD
Acceso Múltiple	TD-CDMA	W-CDMA
Velocidad de chip	3.84 Mchip/s	3.84 Mchip/s
Estructura de trama	15 slots por trama	15 slots por trama
Duración de trama	10 ms	10 ms
Modulación	QPSK	QPSK
Factor de ensanchamiento	1 a 16	2 a 512
Código de canal	Convencional de tasa 1/2 o 1/3 Código turbo 1/3	Convencional de tasa 1/2 o 1/3 Código turbo 1/3

2-2-2-4 Códigos utilizados en la UTRAN:

Los datos de la UTRAN se someten a dos codificaciones antes de ser transmitidas, el código de canalización o Spreading y el código de aleatorización o Scrambling.

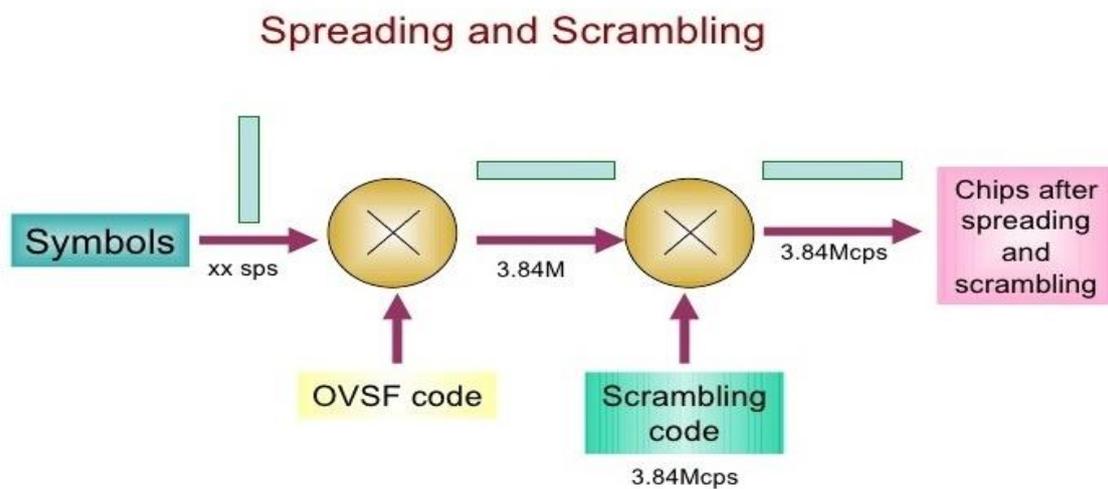


Figure 2-14: Mecanismo de Scrambling

Código de canalización (Spreading):

Los códigos de longitud variable también llamados códigos de canalización se utilizan para realizar la expansión del espectro. Los códigos de canalización son códigos de OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor).

Las propiedades de códigos OVSF:

Ventajas:

- **Códigos Ortogonales:**

- ✓ Correlación cruzada cero cuando los códigos están sincronizados.

Desventajas:

- **Propiedades de correlación cruzada:**

- ✗ Correlación cruzada no nula cuando los códigos no están sincronizados.

- **Propiedades de autocorrelación :**

- ✗ Autocorrelación diferente de un delta de Dirac.

Los códigos OVSF son códigos ortogonales, que se utilizan para las transmisiones sincronizadas, (Enlace descendente), ya que existe una única fuente, el Nodo B. Los códigos OVSF distinguen los diferentes móviles en la misma célula.

El árbol de código de canalización es como se indica en la figura:

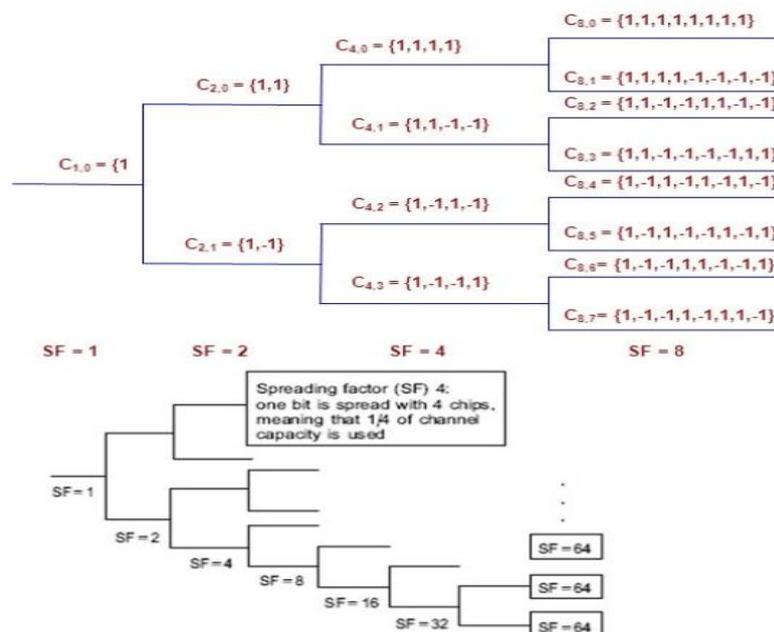


Figura 2-15: Árbol de códigos OVSF.

Códigos de codificación aleatorias (Scrambling Codes):

La codificación Scrambling consiste en multiplicar los datos de salida por una secuencia pseudo aleatoria (PN-Sequence) para diferenciar los datos de otros canales físicos, el canal de separación. Por lo tanto, los datos no se perderán después de la multiplexación con otros canales de transporte. Dependiendo de la dirección de la comunicación.

Ventajas:

- Propiedades de autocorrelación:
 - ✓ Autocorrelación cerca de un delta Dirac.
- Propiedades de correlación cruzada:
 - ✓ Correlación cruzada débil incluso cuando los códigos no están sincronizados.

Desventajas:

- Códigos no ortogonales,:
 - ✗ Correlación cruzada no nula cuando los códigos son sincronizados.

Enlace descendente:

Las señales que vienen del Nodo B hacia los móviles situados en la célula, son señales sincronizadas que vienen de la misma fuente (Nodo B). Así que cada móvil debe asignar un código de ensanchamiento OVSF. La red utiliza todo los posibles códigos de ensanchamiento (512 códigos), y cada célula utiliza un código de cifrado particular, que nos permite diferenciar entre células. En total hay 8192 códigos de aleatorización para separar las células [2].

Enlace ascendente:

Las diversas señales procedentes de la UE hacia el Nodo B son señales no sincronizadas (de diferentes fuentes) pueden estar separadas por códigos de aleatorización, ya que tienen buenas propiedades de correlación cruzada, incluso cuando las fuentes no están sincronizadas. Cada móvil se le asigna un código de cifrado diferente entre los códigos 224 disponibles. Además, se puede utilizar todos los posibles códigos de ensanchamiento, y en el enlace descendente separamos los canales del usuario por códigos OVSF (hasta 256 códigos) [2].

2-2-3 Torre de protocolos del interfaz radio Uu:

La interfaz de radio de la UTRAN está estructurada en capas basadas en los primeros tres capas del modelo OSI, la capa física, capa de enlace y la capa de red [2].

Capas de la Interfaz Radio

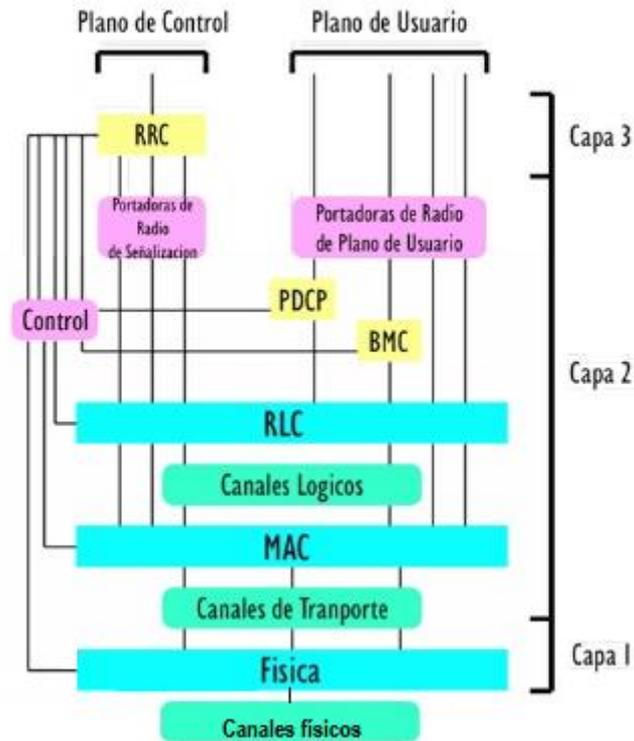


Figura 2-16: Arquitectura de capas del interfaz Uu [8].

Capa física:

La primera capa del interfaz radio que realiza:

- Codificación de la información y detección de errores.
- Multiplexación y adaptación de la velocidad de las comunicaciones.
- Ensanchamiento del espectro y modulación.
- Medición de los parámetros del radio y control de potencia[8].

Capa de Enlace de datos:

La segunda capa está dividida en varias subcapas:

- **MAC (Control de Acceso al Medio):**

Servicios: Ofrece servicios a la subcapa RLC mediante canales lógicos, proyectados a los canales de transporte de la capa física. Transferencia de datos sin confirmación o segmentación, reasigna los recursos radio y realiza informes de medidas.

Funciones: Multiplicar/Demultiplicar PDU's hacia/desde la capa física en canales. Supervisión del volumen de tráfico, Cifrado en modo transporte.

- **RLC (Radio Link Control):** Permite la fiabilidad de transporte de datos entre dos equipamientos de red "Punto a Punto".

Servicios: Establecimiento y liberación de conexiones, transferencia de datos en modo transparente con y sin confirmación, y establecimiento de la calidad de servicio y notificación de errores.

Funciones: Segmentación y concatenación de PDU's en unidades de carga, relleno, transferencia de datos y control de flujo, detección y corrección de errores, y cifrado en los modos con y sin confirmación.

- **PDCCP (Protocolo de convergencia de paquetes de datos):**
 - Compresión y descompresión de la información de control de protocolo.
 - Transferencia de datos de usuario.
 - Multiplexado de portadoras radio en una entidad RLC [8].
- **BMC(Protocolo de Control de Difusión):**
 - Almacenamiento de mensajes de difusión.
 - Supervisión del volumen de tráfico y petición de recursos de radio para CBS.
 - Programación y Transmisión de mensajes multidifusión al UE.
 - Entrega de mensajes de difusión celular a la capa superior [8].

Capa de Red:

La Capa tres o la capa RCC (Radio Resource Control):

- Gestiona los recursos de radio en el establecimiento o liberación de comunicación.
- Dispone de funciones de control de todas las capas.
- Es similar a la capa RR GSM (pero cubre el dominio de circuito y dominio de paquetes).

2-2-4 Los canales de la UTRAN:

En términos de capas de protocolos, la interfaz de radio WCDMA incluye tres tipos de canales:

- **Canales lógicos:** Se definen para responder a la pregunta ¿Qué tipo de información se transmitirá?
- **Canales de transporte:** Describen como y con qué características se transmitirán los datos.
- **Canales físicos:** Proporcionan los recursos reales de la transmisión.

2-2-4-1 Canales lógicos:

Los canales lógicos corresponden a los diferentes tipos de información transmitidas por el protocolo de radio UTRAN, son canales ofrecidos a las capas usadas a nivel 2 de la interfaz de radio, entre las capas de protocolo MAC y RRC.

Los canales lógicos se dividen en dos grupos:

Canales de control (CCH): utilizado para transferir información de plano de control.

Este tipo de canal se divide en cinco partes:

- **BBCH (Broadcast Control Channel, BS-unidireccional-MS):** Información de la red y la celda.
- **PCCH (Paging Control Channel, BS-unidireccional-MS):** Avisos de llamadas a los UE no localizados.
- **CCCH (Common Control Channel, BS-bidireccional-MS):** Información de control entre red y usuario en la célula sin conexión RRC. Incluye petición de acceso al servicio y mensajes de respuesta.
- **DCCH (Dedicated Control Channel, BS-bidireccional-MS):** Información de control entre red y usuario con conexión RCC.
- **SHCH (Shared Control Channel, BS-bidireccional-MS):** Para canales compartidos. Modo TDD.

Canales de tráfico (TCH): Son los canales utilizados para la transferencia de información de usuario. Hay dos canales de tráfico lógicas:

- **DTCH (Dedicated Traffic Channel, BS-bidireccional-MS):** Información y servicio dedicado a UE (punto a punto).
- **CTCH (Common Traffic Channel, BS-bidireccional-MS):** Transferencia de datos de usuario hacia un grupo de terminales. Servicios Punto a Multipunto.

2-2-4-2 Canales de transporte:

Un canal de transporte es un servicio ofrecido por la capa física a la capa MAC para la transferencia de información. No existe en GSM y GPRS. Estos canales se clasifican en dos categorías:

Canales Comunes: Son canales de punto a multipunto unidireccional utilizados para la transferencia de información desde un UE o más. En TDD hay además ORACH, SCH y USCH.

- **BCH (Broadcast Channel, BS-unidireccional-MS):** Información del sistema y de la célula.

- **FACH (Fast Access, BS- unidireccional -MS):** Información a terminales ubicados.
- **PCH (Paging Channel, BS- unidireccional -MS):** Información de aviso por una célula o varias.
- **RACH (Random Access Channel, BS- unidireccional -MS):** Acceso de un terminal a la red.
- **CPCH (Common Packet Channel, BS- unidireccional -MS):** Trafico de paquetes compartidos.
- **DSCH (Descendent Shared Channel, BS- unidireccional -MS):** Paquetes compartidos de usuario o control. Asociado a un DCH

Canales dedicados: Son canales de punto a punto dedicados a un único UE. El DCH es el único tipo de canales especificado en la R99. Este tipo existe en los dos tipos de enlaces y el transporte de datos.

- **DCH (Dedicated Channel, BS-bidireccional-MS):** Transmisión de información a un UE.

2-2-4-3 Canales físicos:

En esta sección vamos a presentar los canales físicos. Son los más importantes y los más complejos. Se caracterizan por los códigos de canalización y aleatorizacion, un par de portadoras, y una fase relativa para en enlace ascendente.

Cada canal físico está definido por una frecuencia portadora, un código y una fase. Vamos a empezar por los canales dedicados al enlace ascendente y después por los del enlace descendente.

Canales físicos dedicados al enlace ascendente:

Existen dos tipos de canales físicos dedicados al enlace ascendente.

- **DPDCH (Dedicated Physic Data Channel):** Canales de datos para transmitir la información concreta DCH.
- **DPCCH (Dedicated Control Data Channel):** Un único canal de control asociado a los anteriores en una conexión.

En general, el número de bits por slot del DPDCH o DPCCH depende de la tasa binaria de la información que cada uno de estos dos canales transporta. Este número se basa en el SF “Spreading Factor” según la relación:

$$N_{Bits} = \frac{2560}{SF} \quad (2-1)$$

Transmisión en MultiCodigo:

Una forma de aumentar la velocidad de transmisión es la organización de la información de los canales de transporte en otros canales físicos dedicados. Este enfoque se denomina transmisión en Multicódigo, porque varios DPDCH pueden ser requisados para transmitir esta información en paralelo, cada canal se transmite con un código de línea diferente. El valor SF puede ser diferente.

El número máximo de DPDCH por usuario es de seis. Los diferentes DPDCH se suman y se extendieron con el mismo código de aleatorización, como se muestra en la Figura 2-17. Se puede observar que la información de control asociada al enlace de radio es transportada por una sola DPCCH [2].

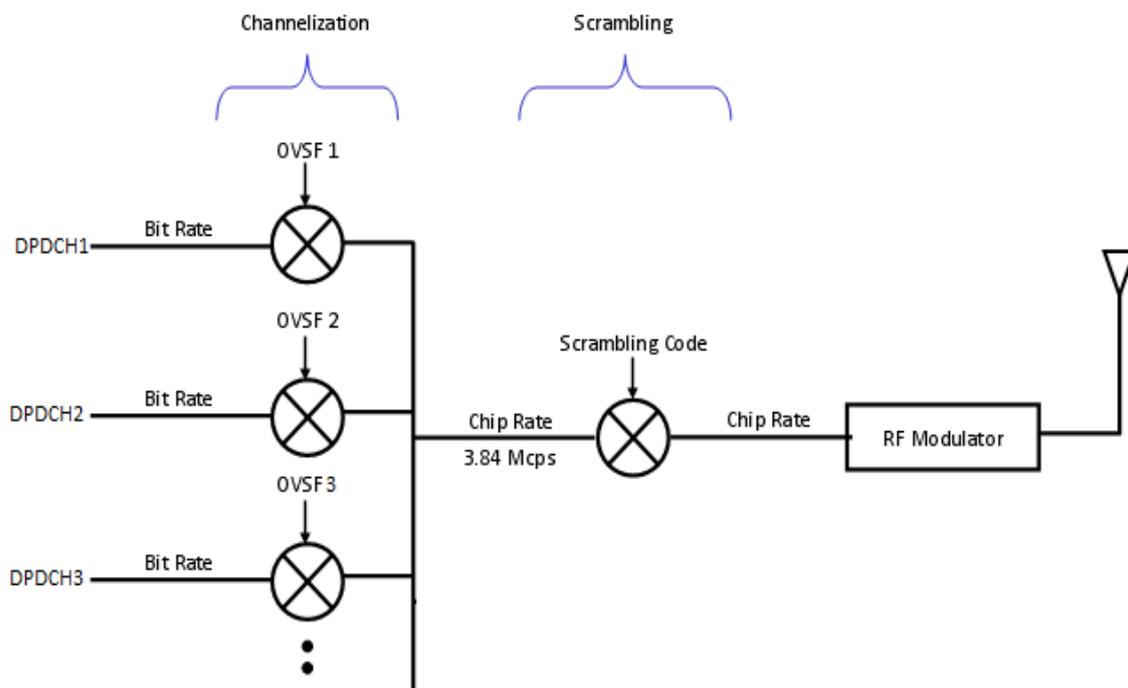


Figura 2-17: Ensanchamiento en el enlace ascendente.

Canales físicos dedicados al enlace descendente:

A diferencia del enlace ascendente, hay sólo un tipo de canal físico dedicado al enlace descendente llamado DPCH (Dedicated Physical CHannel). Este canal lleva la información desde el canal de transporte DCH, esta información puede ser el tráfico de datos o de control generada por las capas superiores. También lleva información de control generada por la capa

física así misma, y por lo tanto, se puede considerar como la multiplexación temporal de un canal físico dedicado a los datos (DPDCH) y un canal físico dedicado al control (DPCCH). Cada DPCH tiene un código de canalización diferente. Por lo tanto, el mismo código de cifrado se aplica a todos los DPCH implicados [2].

Canales físicos comunes:

En nuestro estudio, solo mencionamos tres canales físicos comunes en el enlace descendente:

PDSCH (Physical Downlink Shared Chanel):

Apoya el DSCH cuando mandamos un tráfico de envío de alta velocidad a uno o más equipos de usuario situado en la misma célula.

Varios usuarios pueden compartir esa canal en diferentes momentos. Esto es particularmente valioso para la UTRAN en situaciones en que los códigos de canalización disponibles a la célula son escasos.

CPICH (Common Pilot Channel):

Se compone de una secuencia predefinida de bits llamados Pilotos que se transmiten de forma continua en la célula. El CPICH puede ser considerado como un canal de etiqueta, que se usan los terminales móviles, y entre otras cosas, para estimar la calidad del canal de propagación. La precisión de esta estimación mejora el rendimiento de las técnicas de detección implementadas en la recepción, para recuperar la información binaria transmitida a través de los canales físicos dedicados y comunes en el enlace descendente.

SCH (Synchronization Channel):

Permite la sincronización de las estaciones móviles con la red y recuperar el código de aleatorización específico de la celda actual. No lleva información a las capas superiores y no se asocia a ningún canal de transporte.

2-2-2-4 Correspondencia entre canales:

La correspondencia entre los canales lógicos y los canales de transporte es proporcionada por la capa de MAC de la UTRAN. La norma no especifica las combinaciones para ser utilizadas según la clase de tráfico, esta elección se deja libre al operador de la red o el implementador. El estándar de la UTRAN sólo especifica las combinaciones permitidas.

La correspondencia entre los canales de transporte y los canales físicos se realiza por la capa física de la UTRAN. La capa física no ofrece ninguna flexibilidad en esta correspondencia, en la medida en que cada canal de transporte puede ser soportada solamente por un determinado tipo de canal físico.

Tabla 2-3: Canales lógicos en canales transporte [8].

Enlace descendente		Enlace ascendente	
Canal Lógico	C. Transporte	Canal Lógico	C. Transporte
BCCH	BCH	CCCH	RACH
PCCH	PCH	DCCH	RACH DCH CPCH
CTCH	FACH		
CCCH	FACH	DTCH	RACH DCH CPCH
DCCH	FACH DCH DSCH		
DTCH	FACH DCH DSCH		

Tabla 2-4: Canales físicos en canales transporte[8].

Enlace descendente		Enlace ascendente	
C. Transporte	Canal Físico	C. Transporte	C. Físico
BCH	P-CCPCH	RACH	PRACH
PCH	S- CCPCH	DCH	DODCH DPCCH
FACH	S- CCPCH		
DCH	DPCCH DPDCH	CPCH	PCPCH
DSCH	PDSCH		

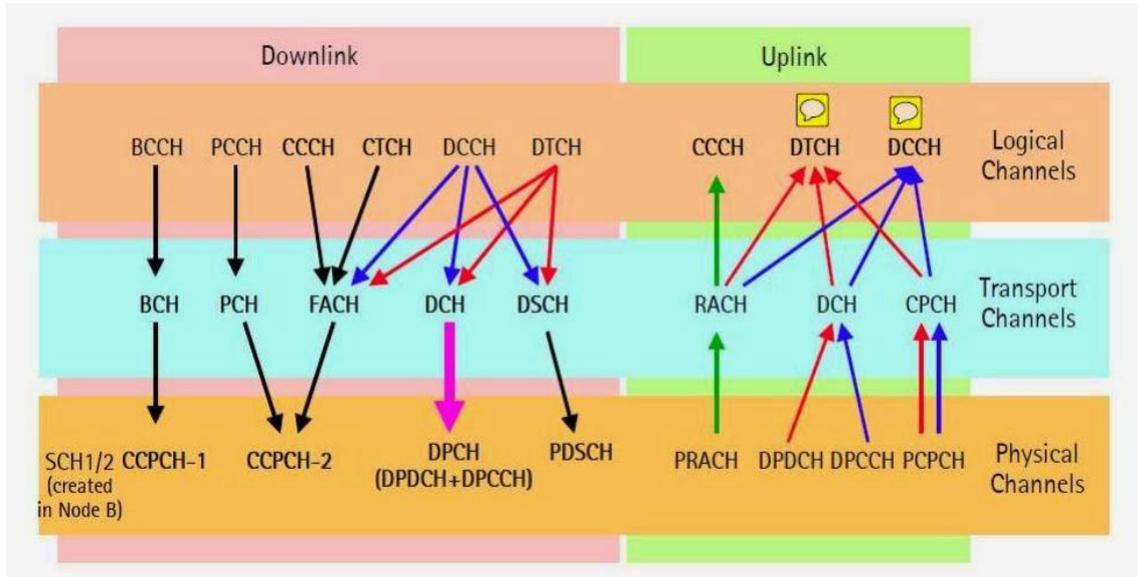


Figura 2-18: Correspondencia entre canales [7].

2-2-5 Gestión de recursos radio (RRM: Radio Resource Management):

La Gestión de Recursos Radio es un conjunto de algoritmos necesarios para el establecimiento y el mantenimiento de la calidad del enlace de radio entre la UE y la red. Estos algoritmos incluyen:

2-2-5-1 Traspasos (Handover):

A diferencia de los sistemas 2G GSM en el que el paso de una célula a otra causa un fallo brutal de la comunicación entre el móvil y la red, conocido como “Drop Beforemake”, los sistemas 3G UMTS permiten a un móvil de mantener el enlace de radio con al menos una célula antes de romper la conexión actual “make-befor-drop”. Entonces existen dos tipos de Handover:

- **Soft Handover:** El móvil se encuentra en un área común de cobertura de dos estaciones base. Las comunicaciones de los móviles piden simultáneamente dos canales diferentes para llegar a las dos estaciones base. Los datos se combinan en el RNC y no en la BTS. Esto nos permite seleccionar la mejor trama entre las recibidas.
- **Softer Handover:** Cuando el móvil se encuentra en una zona común de dos sectores cubiertos por la misma estación base.

A estos dos tipos de Handover, hay que añadir:

- **Hard Handover inter-RNC:** Con el procedimiento de la “S-RNC Relocation” en el caso donde no hay la interfaz Iur.
- **Hard Handover entre-sistemas:** Es el pasó de frecuencia a otra (WCDMA/GSM 900-1800). Para más detalle ver anexo B.

2-2-5-2 Control de potencia:

El control de potencia es esencial para evitar que la " Near-Far-Effect" en el enlace ascendente, es muy conocido en los sistemas de comunicaciones celulares, reduzca el nivel de interferencia en el enlace descendente entre las células vecinas. La potencia de cada transmisor se ajusta al nivel mínimo necesario para garantizar una determinada calidad del servicio (QoS). También se utiliza en ambos enlaces, en el ascendente se intenta igualar la potencia recibida a todos los terminales móviles.

Hay tres tipos de control de potencia que se han especificados:

- Control de potencia en bucle abierto (Open Loop Power Control).
- Control de potencia en bucle cerrado lento (Outer Loop Power Control).
- Control de potencia en bucle cerrado rápido (Inner Loop Power Control).

Para más detalle ver el anexo A.

Power control

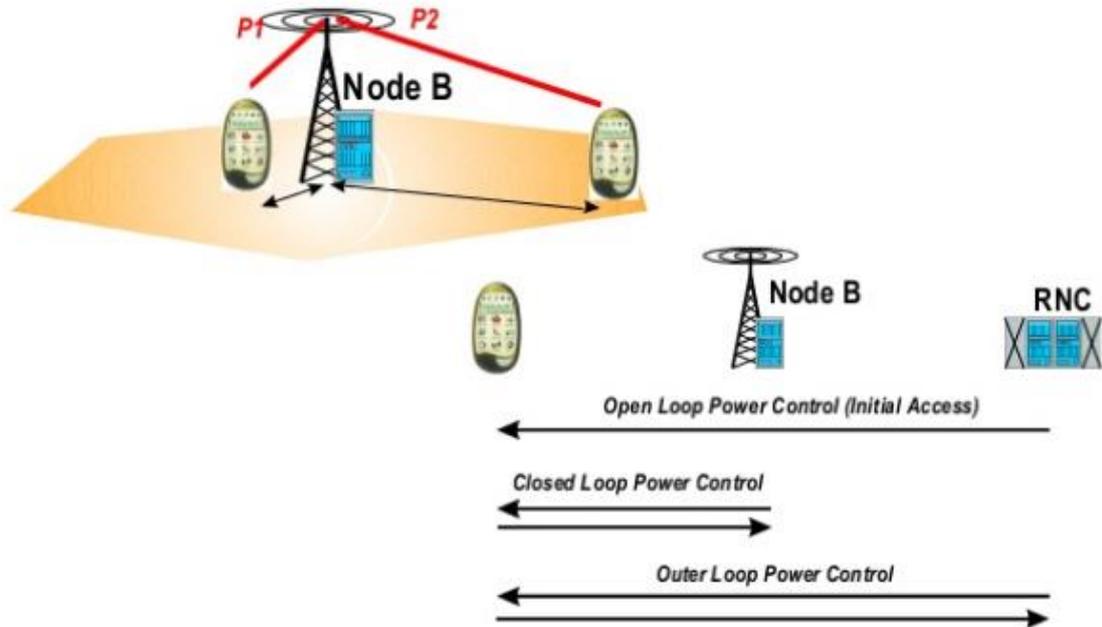


Figura 2-19: Control de Potencia [7].

Conclusión:

En este apartado hemos hablado de la tecnología UMTS y sus características y hemos estudiado su arquitectura definiendo el funcionamiento de sus elementos, también hemos definido el Handover y sus diferentes tipos.

III-La tecnología HSDPA:

3-1 Introducción a la HSDPA:

La HSDPA tiene un conjunto de propiedades cuya la combinación mejora la capacidad de la red y la velocidad de transferencia a más de 10 Mbps para el tráfico en enlace descendente. Por el SSV (Single Site Verification) el operador proporciona una mayor velocidad de 12 Mbps para el enlace descendente y 4 Mbps para el enlace ascendente y para el clúster una velocidad superior a 5 Mbps en enlace ascendente y 2,5 Mbps en el descendente.

Entre estas propiedades, nos encontramos con las técnicas conocidas y utilizadas en el desarrollo de normas tales como el GSM / EDGE y que se resumen en los siguientes puntos:

- La modulación y codificación adaptativa AMC (Adaptative Modulation and Coding).
- Un método de retransmisión híbrido y rápido llamado H-ARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest).
- Algoritmos de Programación Rápida de Paquete FPS (*Fast Packet Scheduling*).

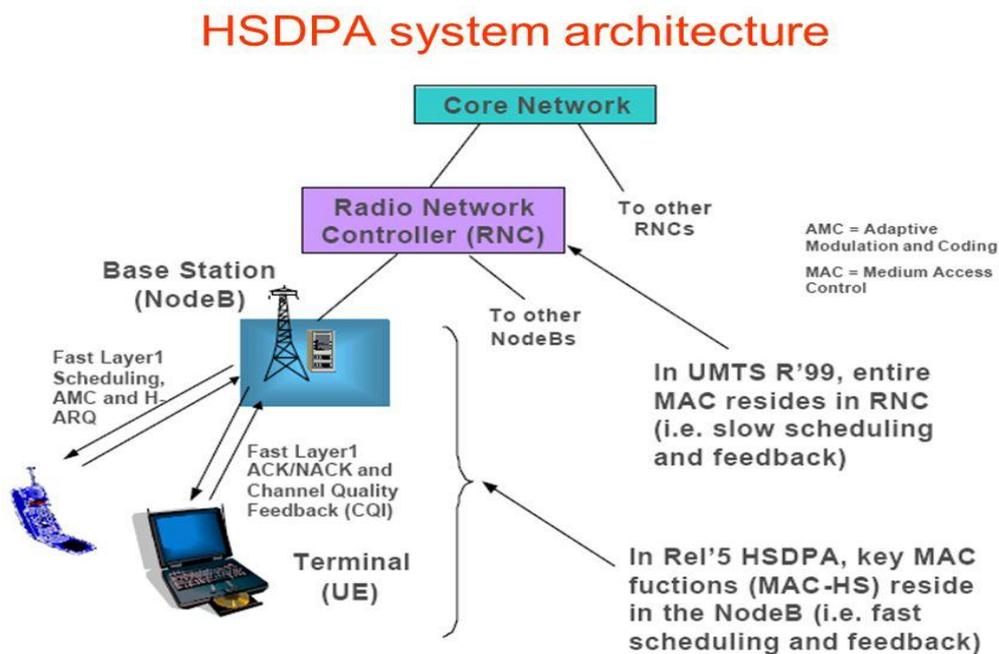


Figura 3-1: Arquitectura de sistema HSDPA.

3-2 Canales HSDPA:

Con el objetivo de implementar HSDPA, se introdujeron tres nuevos canales en las especificaciones de la **Release 5**: el HS-DSCH, el HS-SCCH y el canal físico HS-DPCCH.

El canal HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel) es un canal compartido que transporta datos de usuario en el enlace descendente con una velocidad máxima de 10 Mbps.

El canal HS-SCCH (High Speed Shared Control de canal) soporta la información de control necesaria desde la capa física para permitir la decodificación de datos en el canal HSDSCH.

El HS-DPCCH (High Speed Downlink dedicada canal de control físico) lleva la información de control necesaria en el enlace ascendente, incluyendo asentimientos ACK (positivos y negativos) e información sobre la calidad del enlace de radio.

Dado que el HS-DSCH es compartido por varios usuarios, entonces es necesario disponer de un método de planificación para asignar recursos a todos. Algoritmos de planificación rápidos permitiendo la distribución de manera efectiva de los recursos de la HS-DSCH para todos los usuarios que deseen acceder a la red. En la figura 3-1, se destaca que esta característica también se ha trasladada a la estación base [3].

El canal HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel) es un canal del enlace descendente físico utilizado para la transmisión de largos paquetes de datos (DTCH – Dedicated Traffic Channel) y señalización (DCCH- Dedicated Control Channel). Este canal se utiliza en combinación con uno o más canales dedicados DCH (Dedicated Channel).

3-3 Modulación y codificación Adaptativa AMC:

En las redes móviles, la calidad de una señal recibida por un terminal depende de varios factores, tales como la distancia entre la estación base o la pérdida de propagación debido a obstáculos o/y trayectos múltiples. Con el objeto de mejorar la velocidad del sistema en términos de velocidad de datos y la fiabilidad de la cobertura de radio, la señal transmitida hacia un usuario particular es modificada de una manera para tener en cuenta los cambios en la calidad de la señal a través de un proceso conocido con el nombre de Adaptación del Enlace, también conocido como AMC (Adaptive Modulation and Coding), modulación adaptativa y codificación.

Una de las principales técnicas introducidas en el WCDMA es el control de potencia. La idea es aumentar la potencia de transmisión cuando la calidad de la señal recibida es baja y la disminución de la potencia de transmisión cuando la calidad de la señal de recepción alcanza un umbral dado. Esto permite una comunicación fiable entre el transmisor y el receptor [3].

La técnica del control de potencia reduce la interferencia intra e inter-celulares causadas por la transmisión de potencia excesiva, pues se incrementa la capacidad del sistema.

Una técnica alternativa para el control de potencia frente a los efectos variables del canal en el tiempo es de compensar el desvanecimiento. En lugar de mantener una calidad de señal constante en el receptor, se puede cambiar la modulación y el código de la señal transmitida de modo que la información se transmite cuando el estado del canal es bueno y tan poco como sea posible cuando se deteriora el canal. Esta técnica es AMC.

Además, se propone una nueva modulación en la **Release 5**, la modulación 16-QAM. Pero a diferencia de la modulación QPSK, es opcional y depende del tipo del terminal utilizado. La modulación 16-QAM soporta 4 bits/símbolos en lugar de 2 bits/símbolo (QPSK). Las velocidades son por lo tanto aumentadas significativamente. La modulación 16-QAM requiere buenas condiciones de canal y receptores de un buen rendimiento en comparación con la modulación QPSK. La decisión de la transmisión 16 QAM y QPSK se hace en la red utilizando la información de calidad del canal desde el móvil a través de un canal de control de cantidad (HS-SCCH). El móvil HSDPA realiza mediciones de la calidad del canal físico del enlace descendente y transmite un indicador de calidad de canal (CQI- Channel Quality Indicator) en el canal de control ascendente HSSCCH. Tenga en cuenta que la introducción de una modulación de orden superior está acompañada de una mayor complejidad en los terminales móviles, que debe estimar la amplitud relativa de los símbolos recibidos. Esta estimación de amplitud es necesaria para que el terminal se puede separar todos los puntos de la constelación 16-QAM, como se ilustra en la Figura 3-2. Desde esta estimación se hace más difícil cuando la calidad de señal recibida es mala, entonces es mejor utilizar la modulación QPSK cuya constelación es menos densa [3].

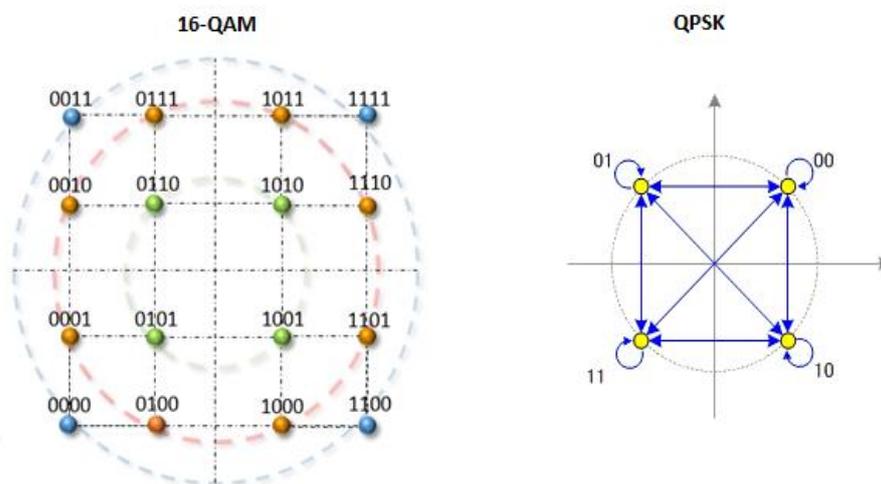


Figura 3-2: Constelaciones de la modulación 16-QAM y QPSK.

3-4 Mecanismo de petición de repetición híbrida automática HARQ:

Para garantizar la fiabilidad de las transmisiones, hay dos clases principales de mecanismos: los mecanismos reactivos ARQ (Automatic Repeat reQuest) y mecanismos proactivos FEC (Forward Error Correction).

En los mecanismos reactivos, el transmisor responde a la pérdida de paquetes de señalización mediante la retransmisión de este paquete. Esta señalización se puede hacer mediante la emisión de asentimientos positivos ACK (ACKnowledgement) o NAK negativo. En cuanto a la operación de los mecanismos proactivos, el transmisor añade paquetes de redundancia que permiten al receptor de recuperar los paquetes perdidos. Estos paquetes de redundancia se calculan utilizando los códigos de corrección de errores.

Ambos mecanismos se combinan a menudo utilizando asentimientos para ajustar la cantidad de redundancia de códigos FEC. Esta combinación de mecanismos se llama "ARQ híbrido" o HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest).

HARQ se puede caracterizar por parámetros tales como el tiempo, la adaptabilidad, además cómo se hace la combinación. Cuando se fija la relación temporal entre la transmisión original y la (o las) retransmisión (es), la operación HARQ se conoce como "Síncrona". Si, en contra, las retransmisiones se han programado en cualquier momento después de recibir un ACK, entonces se habla de operación "HARQ asíncrona".

Dicen que un sistema HARQ es adaptativo si se puede realizar retransmisiones utilizando un tipo diferente de modulación, unos distintos de los que se utilizó para la transmisión original. Por ejemplo, si la modulación QPSK se utiliza durante la primera transmisión de un paquete y que falla, el 16-QAM se puede utilizar para la retransmisión del mismo paquete si las condiciones del canal o recursos de radio (potencia de la señal y / o códigos de canalización) cambian entre la primera transmisión y las retransmisiones siguientes. La tecnología HSDPA usa HARQ adaptativo y el mecanismo asíncrono.

3-5 Programación Rápida de paquetes (Fast Scheduling):

La programación rápida de paquetes es uno de los mecanismos de gestión de recursos más significativos de HSDPA, lo que determina a que usuario conviene de transmitir en un intervalo de tiempo dado. Es un factor decisivo en el diseño, ya que distribuye el canal de distribución entre los usuarios, y por lo tanto generalmente determina el comportamiento global del sistema.

La programación rápida de paquetes para HSDPA se refiere como ser rápido, ya que, en la comparación con las especificaciones de **Release 99**, la programación se desplaza desde el RNC

al Nodo B para reducir los retrasos. Mediante la adición de otras características tales como la elección de la versión de redundancia y el algoritmo de modulación y codificación. Un principio fundamental de la programación rápida de paquetes para HSDPA es programar la transmisión a los usuarios. Al elegir diferentes algoritmos de programación, los operadores pueden adaptar el comportamiento del sistema a medida de sus necesidades [3].

Conclusión:

En este apartado, hemos tratado de dar una visión general sobre la red 3G, principalmente las que se refieren a UMTS y HSDPA. Estos conceptos son las palabras clave que se utilizan posteriormente para comprender el proceso de planificación y optimización de una red 3G, que será presentado en el próximo capítulo.

IV-El Proceso de Planificación:

Después de estudiar la red UMTS en el apartado anterior, enfocaremos en este capítulo en el proceso de planificación. Este proceso es muy importante en el ciclo de vida de una red y luego vamos a hablar de la optimización que se produce justo después de la etapa de planificación.

4-1 Objetivo de la planificación:

El propósito de la planificación es determinar el número mínimo de puntos para asegurar la cobertura de un área determinada de los servicios ofrecidos y el número de abonados, teniendo en cuenta la calidad de las restricciones de servicio. Por lo que debe lograr la máxima cobertura con capacidad óptima manteniendo al mismo tiempo los costes de implementación más bajos posibles.

En este contexto, hay algunos operadores que han preferido reducir el número de estaciones base en lugar de reducir la potencia de transmisión por razones de presupuesto. En cambio, algunos operadores prefieren reducir la potencia requerida en el enlace ascendente y proporcionar a los usuarios servicios más consumidores de energía con la mejor calidad de servicio (QoS), y esto en detrimento para la implantación de una red más cara con más estaciones base, y como resultado, mayores costes de comunicación.

Nuevos retos en la planificación de radio introducidos con la tercera generación de redes celulares surgen debido a la demanda de servicios a diferentes velocidades y las características de la tecnología WCDMA, que es una interdependencia fundamental entre la calidad del servicio, interferencia, el tamaño de la célula y la carga soportada. La relación entre la cobertura y la capacidad de los sistemas WCDMA debe tenerse en cuenta en el proceso de planificación UMTS. De hecho, la cobertura está limitada por el enlace ascendente y esto a causa de la limitada potencia de transmisión móvil. En cambio, en el enlace descendente causa limitaciones en la capacidad y esto se debe a que la estación base tiene una potencia limitada y que debe reservarse su balance de potencia (DL) de varios móviles a la vez, por lo que cuando el número de usuario aumenta la interferencia aumentará directamente, mientras que en el enlace ascendente, cada nuevo usuario verá su propia amplificación de potencia.

4-2 Proceso de planificación:

El proceso de planificación incluye:

La fase inicial de planificación: Es la colocación de los sitios en términos de área geográfica, el ajuste de los parámetros de los sitios, sectores y células dentro de las limitaciones ya expuestas (características del medio ambiente, las antenas y ubicación de nodos B).

La fase Post-Planificación: Es el estudio de la calidad del servicio y la capacidad de la red planeada para optimizarlo y ajustarse a los requisitos (patrones de tráfico, patrones de movilidad y distribución de abonados en la red).

La fase de diseño: Proporciona una primera y rápida evaluación de los elementos y las capacidades asociadas de estos elementos de red. Su propósito es estimar la densidad y la configuración del sitio para la zona. Hay que empezar por la estimación de los parámetros del enlace de radio como la velocidad de datos y la relación E_b/N_0 requerida para cada servicio, determinar los parámetros del equipo, como la sensibilidad del receptor y la potencia del móvil, las mejores posiciones en las que deben efectuarse dichas estaciones base para asegurar la máxima cobertura y la capacidad.

4-3 Herramientas de planificación:

La complejidad e interacción de un gran número de parámetros a considerar al planificar una red celular radioeléctrica, requiere una planificación precisa con una metodología sólida. Entonces para mi trabajo fin de carrera y con el consejo del tutor hemos elegido como herramienta de planificación ICS Telecom.

Presentación de ICS Telecom:

ICS Telecom es una plataforma de modelado de ATDI para la planificación de redes de telecomunicaciones y de la gestión del espectro de frecuencias. Se centra en las necesidades de diseño de la red para los operadores comerciales, reguladores del espectro, los fabricantes de equipos y consultores. Una de las principales fortalezas de ICS Telecom está en el modelado de redes heterogéneas con características y funciones dedicadas.

ICS Telecom es el paquete de claves en la caja de herramientas de un planificador. Es capaz de modelar cualquier tamaño de sistema de radio de área local intensiva para extensa en todo el país. ICS Telecom permite al ingeniero la planificación para desarrollar redes de área extensa, grandes, rápidas y económicas. ICS Telecom tiene características y funciones que soportan todas las redes de radio modernos, tanto fijos como móviles, y en toda la gama de frecuencias de 10 kHz a 450 GHz.

ICS Telecom es una caja de herramientas completa para las comunicaciones por radio en las bandas de modelado / HF / VHF / UHF / SHF / frecuencia EHF MF. Es el paquete de claves en el juego de herramientas de los planificadores, capaz de modelar cualquier tamaño de sistema de radio de área local intensiva a la extensa en todo el país. Algunos ejemplos de las tecnologías que pueden ser modelados y analizados en el Software son:

- Radio de móvil terrestre.
- Acceso inalámbrico fijo (punto a punto y punto a multipunto - 802.16d WiMAX, WiFi Mesh, Microondas, LMDS / MMDS, TETRA / TETRAPOL, etc.)
- Celular / móvil (GSM, GPRS, CDMA / EVDO / EDGE, HSDPA / HSUPA, 802.16e WiMAX, LTE).
- Difusión “Broadcast” (televisión analógica y digital, radio, transmisión simultánea de multidifusión).
- Sistemas de telemetría.
- Comunicaciones interiores (WiFi, WiMAX 802.16e) de radiolocalización marítima y comunicaciones.
- Radiolocalización aeronáutica y las comunicaciones.
- Sistemas de radar.
- Estaciones terrenas de satélite.

ICS Telecom ofrece beneficios en todas las etapas de la propiedad de la red. Si un sistema está siendo diseñado desde cero, se está ampliando un sistema existente, o se requiere un análisis de interferencia para sistemas heterogéneos existentes, ICS Telecom tiene las características y funciones para la tarea. ICS Telecom se puede utilizar para[10]:

- Evaluación de tecnología.
- Modelado de negocio.
- Dimensionamiento de la infraestructura.
- Planificación de la red.
- Optimización del espectro.
- Prueba de red.
- Administración del sistema.
- Optimización de la red.

4-4 Posicionamiento y selección de los sitios candidatos:

Los sitios de investigación es la primera fase del diseño. Precede las fases de posicionamiento de las antenas. Estos sitios corresponden a los lugares ideales del diseño para la construcción de la red.

Normalmente para revelar las condiciones teóricas, tiene que usar una malla hexagonal para el área. Es ventajoso seleccionar los emplazamientos 2G existentes para proporcionar itinerancia a 3G, además es más fácil y más rentable para el operador de reutilizar los sitios existentes, siempre que estos sitios se encuentran cerca de la mayor medida posible puntada. Se rechazarán los sitios que no experimentan una condición de la equidistancia entre los sitios adyacentes. Se añadieron otros sitios para llenar los vacíos en la división existente.

4-5 Parámetros de los sitios:

Un sitio candidato representa un Nodo B. Cada Nodo B se asocia con tres antenas sectoriales. Existen varios tipos de antenas en las redes de radio móviles. Generalmente se utiliza antenas de triple banda (900/1800/3G) sectoriales para las dos generaciones, es decir, GSM y UMTS puedan coexistir en la misma zona.

4-6 Posicionamiento y parámetros de las antenas:

El problema Posicionamiento y Parametrización de antenas es el principal problema del diseño de redes de telefonía móvil. El objetivo principal es determinar la ubicación de las antenas y sus configuraciones con el fin de lograr una cobertura completa del territorio, manteniendo una buena calidad de servicio. De hecho, la mala colocación o la parametrización de las antenas pueden causar situaciones intratables de recuperación, hacen la tarea de planificación difícil, sino es imposible.

En las redes UMTS, el buen posicionamiento y el buen parametrización optimiza el C/I de la zona de cobertura. Ahora la relación C/I tiene un efecto directo sobre la tasa de errores de bit, y por tanto, afecta a la velocidad y la calidad de las comunicaciones. Cada antena se caracteriza además de su sensibilidad y su pérdida en la transmisión por su ganancia de transmisión, su potencia, su orientación horizontal, el acimut y el tilt o inclinación, y los diagramas de radiación horizontal y vertical. El patrón de radiación representa la pérdida en dB de potencia de la señal emitida en las cercanías de la antena en todas las direcciones posibles (horizontal o vertical). Ver figura a continuación.

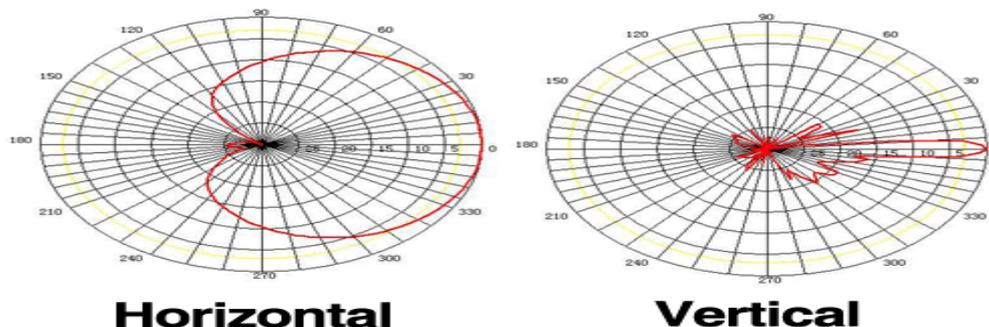


Figura 4-1: Patrón de radiación de un antena.

EL tilt o inclinación: la inclinación mecánica y eléctrica de la antena se puede aplicar, con el fin de:

- Retire la cobertura insular y reducir la interferencia.
- Mejorar la cobertura de la región cercana, también la cubierta interior (INDOOR).
- Ajustar los límites de las celdas (para suavizar las zonas del traspaso)

La inclinación requerida se puede estimar por la óptica geométrica que considera la HPBW (Ancho de haz de media potencia) vertical, la altura de antena y la topografía en la vecindad del sitio.

En general, se utiliza antenas de inclinación mecánica, ya que permite una mejor gestión de las interferencias.

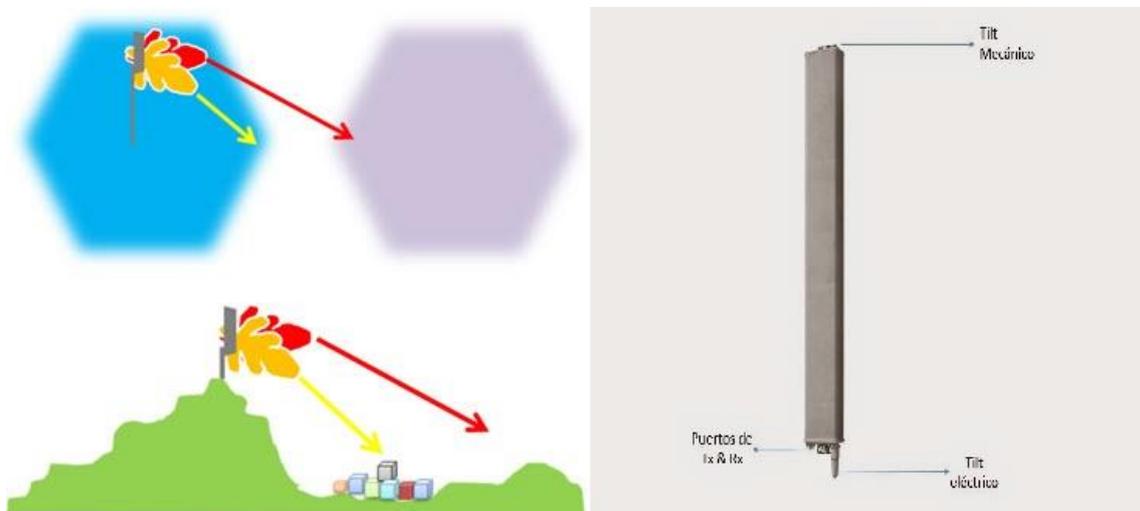


Figura 4-2: Componentes de un Tilt a la derecha, efecto del Tilt a la izquierda.

Conclusión:

En esta segunda parte, se introdujo el proceso de planificación de radio. Este proceso asegura una mejor cobertura con recursos mínimos. Después de esta etapa viene la optimización de radio cuya función es optimizar la red y garantizar la continuidad del servicio con buena calidad.

V-El proceso de optimización:

En este capítulo vamos a estudiar el proceso de optimización, que detallaremos más tarde los dos métodos utilizados para la recogida de datos por estadísticas KPI (**Key Performance Indicator**) o el Drives-Test. Estamos interesados también en los problemas de optimización relacionados con:

- Mala cobertura.
- Cables cruzados (Cross Feeder).
- Overshooting.
- Traspaso.
- Pilote Pollution.

Mediante el análisis de las diversas causas que crean problemas, a través del Software dedicado como GENEX Asistent y a través de KPI, podemos:

- Simular la cobertura.
- Seleccionar el tipo de los parámetros analizados (RSCP, código de cifrado, Ec/Io,...etc.)
- Extraer el valor de los KPI y los compara con los umbrales establecidos por el operador.
- Identificar los problemas encontrados en el análisis y proponer soluciones.

5-1 Drive-Test:

El " Drive-Test " es una parte esencial del proceso de optimización es la mejor forma de localizar y analizar un problema geográficamente. Es para probar el rendimiento a través de las calles con un coche, para tomar medidas.

Se requiere:

- **Un móvil para rastrear:** o más, cada uno se utiliza para hacer las mediciones para una prueba específica, para hacer el recorrido de una vez.
- **Un receptor GPS:** Determinar la posición geográfica para cada punto de medición.
- **Ordenador portátil:** Con una herramienta especial (GENEX Probe) para la adquisición y procesamiento de datos recuperados.

Los datos son registrados por el Software con un formato específico a un archivo denominado "Log File" y transmitida al ingeniero de radio para hacer el análisis en GENEX Assistant.



Figura 5-1: Drive-Test.

5-2 Procedimiento de optimización:

La optimización de las redes móviles es un reto importante para los operadores, ya que la permite a reducir al mínimo los costes y asegurar la calidad de servicio óptima para satisfacer las necesidades de los clientes. La optimización se realiza una vez que los sitios están bien instalados y operativos, o el 80% del número total de sitios de un clúster están construidos. Se basa en varias etapas como se muestra en el siguiente diagrama:

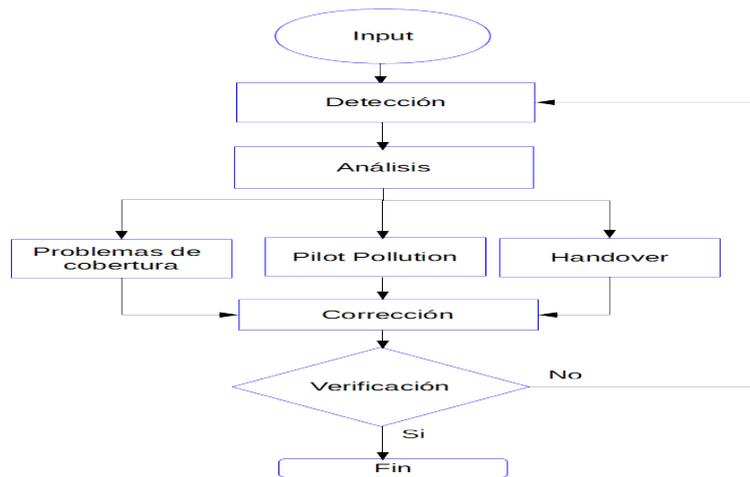


Figura 5-2: Esquema de optimización.

La primera fase tiene como objetivo a observar y analizar las actuaciones a través de estadísticas para definir las áreas y sitios en los que se hará la optimización, y determinar el camino de Drive-Test que debe cubrir la máxima área de la célula.

La segunda fase es la recogida de datos que recopila la información recuperada por el OMC-R (Operation and Maintenance Center –Radio), las estadísticas de tráfico y de datos de cobertura, y por calidad a partir del Drive-Test.

La tercera fase del proceso es el análisis de los datos para detectar y localizar problemas de cobertura, Pilot Pollution y Traspaso...etc.

La última fase es proponer medidas que se deben tomar para mejorar el rendimiento para cambiar la configuración, tales como la inclinación, la altura y el acimut de los equipos.

Si los resultados son satisfactorios, se redacta un informe, sino el procedimiento se debe repetir para encontrar otras soluciones. La elección del método utilizado para la recolección de datos incluye dos tipos Drive-Test o KPI.

5-2-1 Tipos de Drive-Test:

Según la información que deseamos utilizar a la hora de optimizar, distinguimos entre dos tipos de “Drive-Test”. Single Site Verification “SSV” y Cluter Drive-Test.

- **Single Site Verification:**

La prueba SSV es una parte de la optimización de WCDMA que tiene como objetivo garantizar que las funciones básicas de un sitio son normales, tales como el establecimiento y la calidad de llamada, el traspaso... etc.

Este enfoque consiste en ejecutar una serie de pruebas que pueden mostrar fallos a nivel de la instalación.

Para lograr estos objetivos, estas pruebas se desarrollan en primer lugar para cada sector de estación base. Mediante la colocación en frente de cada sector por una distancia que no exceda de 100 metros. Estas pruebas incluyen la accesibilidad de las llamadas de voz (AMR), llamadas vídeo (VP) y las pruebas de HSDPA. En una segunda etapa se realiza recorridos del sitio dentro un rayo de 100 metros aproximadamente para evaluar la operación de Handover y selección/reselección entre todos los sectores.

La siguiente figura muestra una prueba de SSV que nos da una idea de la aprobación de la Handover entre los tres sectores.

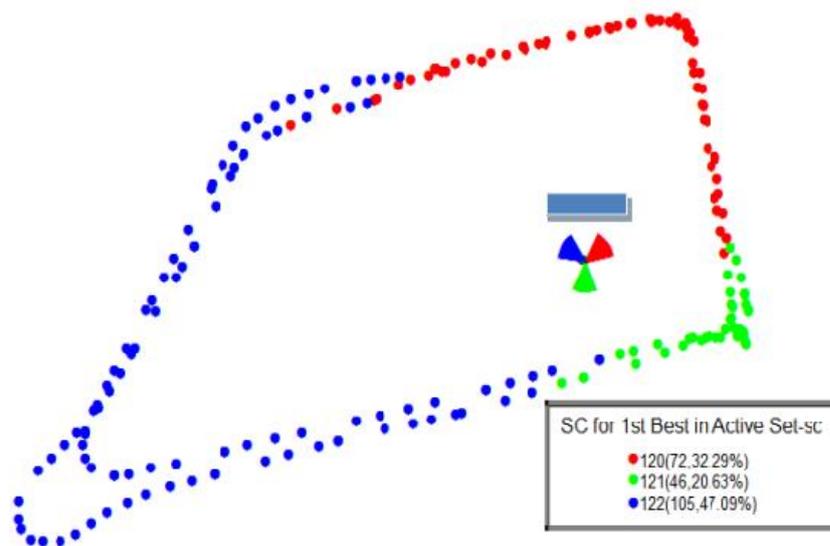


Figura 5-3: SSV visualización de Scrambling Codes.

- **Cluter Drive-Test:**

A diferencia de la prueba SSV que evalúa el rendimiento en cada sitio de forma independiente, el Cluter Drive-Test se utiliza para optimizar el rendimiento de un grupo determinado, para alcanzar los límites de aceptación ya establecidos. La zona afectada por la optimización se divide en áreas separadas llamadas Clusters. El "Drive-Test" consiste a pasar por las calles de cada uno de sus grupos mediante el registro de la información requerida. Esto incluye:

- La optimización de la cobertura y capacidad.
- Interferencia y Pilot-Pollution entre las células.
- Los problemas de movilidad.

Debe tenerse en cuenta que las herramientas utilizadas en estas unidades de prueba son las mismas que para las pruebas de SSV. Sin embargo, el "Cluter Drive-Test" se refiere a las siguientes pruebas:

Long Call: El modo de red es automático. Mide el nivel de la señal RSCP (Received Signal Code Alimentation) y la calidad de la señal con el parámetro E_c/I_o . Estas largas llamadas también revisan los problemas relacionados con el Handover inter-RAT.

Short Call: Estas llamadas cortas se programan mediante un script. El objetivo es hacer llamadas durante 2 minutos con una diferenciación de 5 segundos en modo 3G forzado, para probar problemas relacionados con el establecimiento de llamadas y descargas FTP en HSDPA para probar el CQI (Channel Quality Indicator) y la velocidad de transmisión.

Los siguientes aspectos deben ser tenidos en cuenta durante la prueba:

- Caminos de prueba deben estar dentro de la cobertura.
- Evitar la repetición de la misma ruta.
- Examinar como sea posible a través de los caminos con obstáculos.
- Rodar sobre toda la región especificada.
- Navegar por la región en el mismo día.
- Intente probar con la misma velocidad (30-50 km/h).

La figura siguiente muestra Cluster Test:

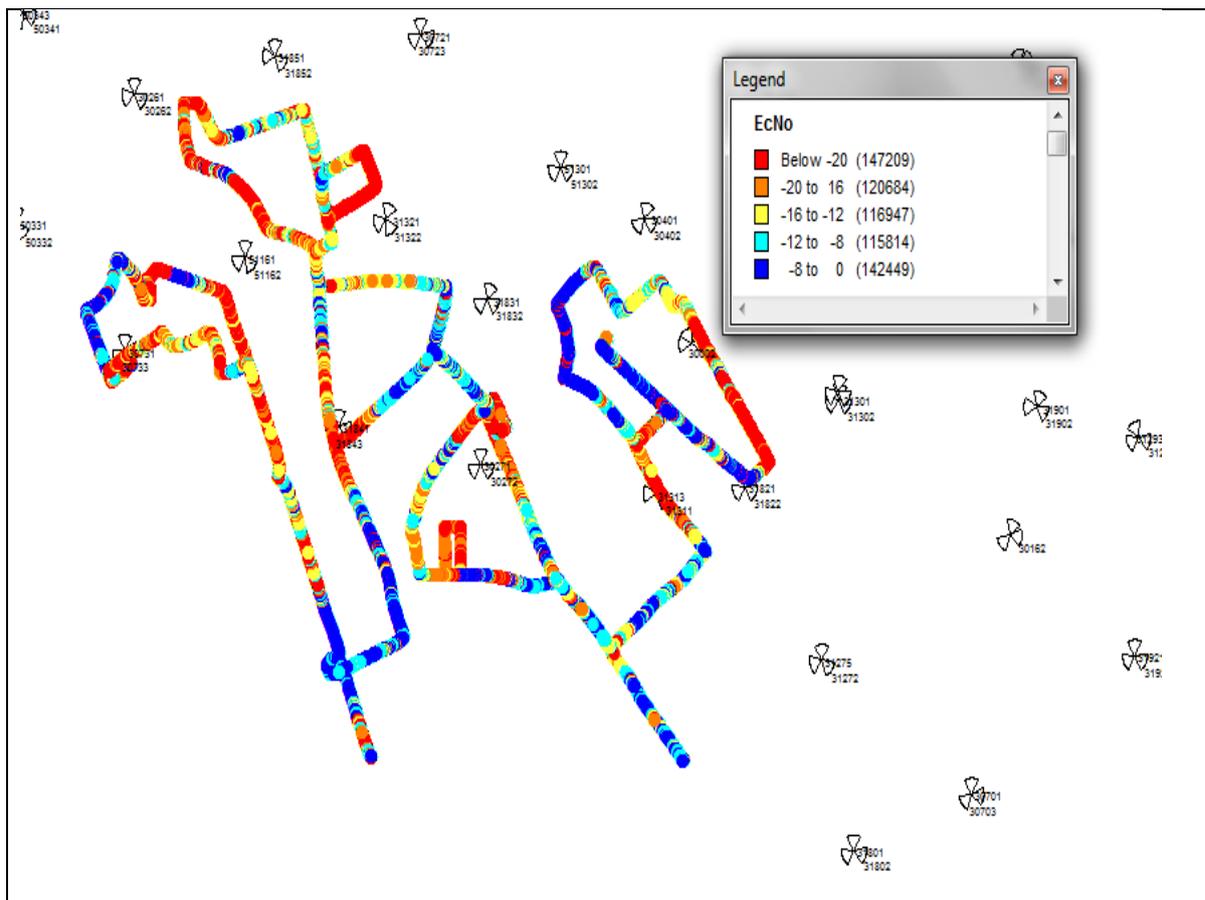


Figura 5-4: Clúster Test visualización de Scrambling Codes.

5-3 Indicador clave de rendimiento (KPI-Key Performance Indicator):

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) se utilizan para lograr la supervisión de la red WCDMA y la evaluación del rendimiento, los KPI se pueden utilizar para identificar los sitios de peor rendimiento y por lo tanto deberían beneficiarse de la optimización o una mejora de la capacidad.

Los indicadores clave de rendimiento pueden definirse como un conjunto de resultados que miden el rendimiento durante las horas más cargadas o normales de toda la red. Esto es el resultado de una fórmula que se aplica a los indicadores de rendimiento (Performance Indicators, PIs). El PI se puede extraer de un sector o RNC (Radio Network Controller).

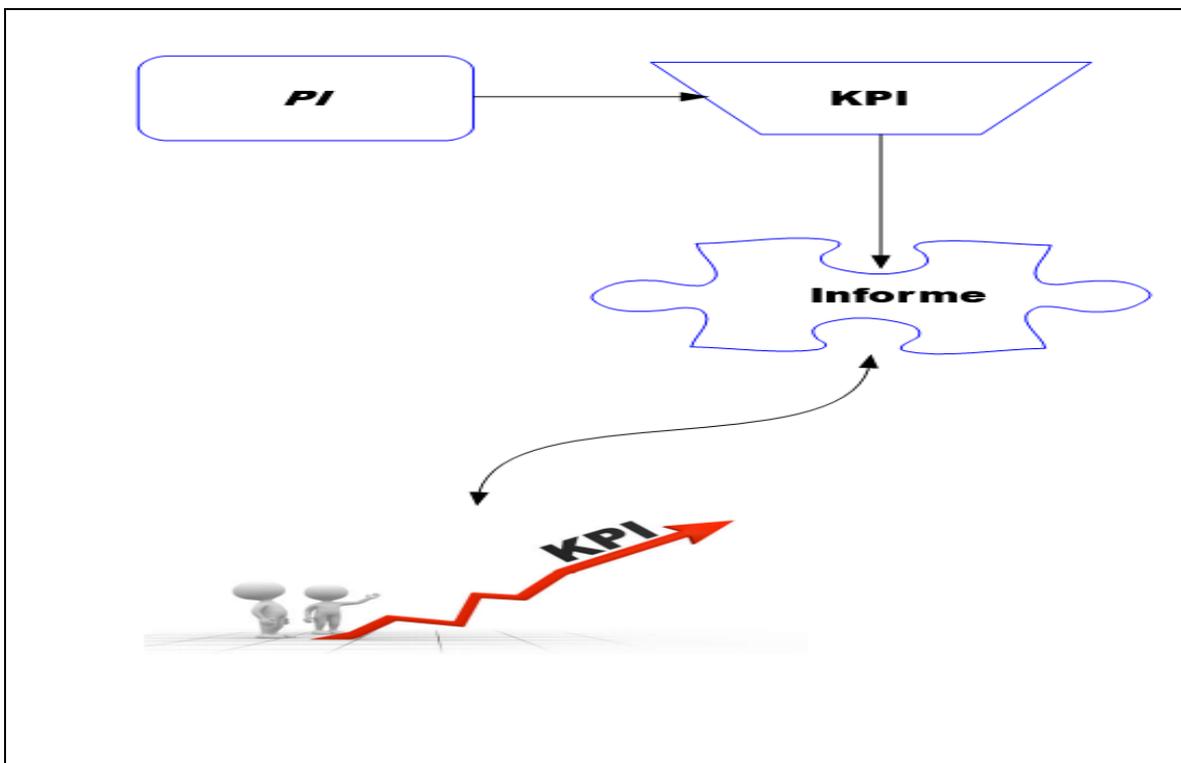


Figura 5-5: Mecanismo de extracción de KPIs.

KPI evalúa básicamente la realización de uno de los servicios siguientes: el volumen de tráfico en la red, la accesibilidad a la red, el mantenimiento de la llamada, la calidad del servicio del usuario final, el comportamiento de la Soft y Hard Handover.

Los principales KPI:

Los principales KPI están relacionados con: Call Setup, Call Drop, Congestión, Handover.

La **Call Setup** es para evaluar los problemas relacionados con el establecimiento de llamada. Se encuentra el "CSSR" (Call Setup Success Rate), que mide la tasa de establecimientos de llamada realizadas con éxito. Su fórmula general es:

$$CSSR = \frac{RSSCSetupSuccRate}{RABSetupSuccRate} \times 100 \quad (5-1)$$

La **Call Drop** se utiliza para medir la pérdida de velocidad de conexión y problemas de interrupción. La medida de este KPI está a nivel del RNC utilizando la siguiente fórmula que representa a los CDR (Call Drop Rate):

$$CDR = \frac{ServiceRABAbnormal Release}{ServiceRABSetupSuccess} \times 100 \quad (5-2)$$

El KPI relativo a la congestión para detectar problemas de congestión de la red y sus causas. El más importante es SCR (Signaling Congestion Rate):

$$SCR = \frac{RRC Connection Reject (Cause: congestion)}{RCC Connection Request} \times 100 \quad (5-3)$$

El buen funcionamiento del Handover se determina usando el KPI SHOSR (Soft/Softer Handover Success Rate) de fórmula general:

$$SHOSR = \frac{\text{Soft(Softer) Handover Success}}{\text{Soft(Softer) Handover Request}} \times 100 \quad (5-4)$$

La fórmula para el Hard Handover:

$$HHOSR = \frac{\text{Hard Handover Success}}{\text{Hard Handover Request}} \times 100 \quad (5-5)$$

5-4 Problemas de optimización de RF:

Este análisis se basa en las mediciones tomadas del canal "CPICH", que es un canal piloto. Estas medidas son importantes para evaluar las características de propagación de radio y cuyo análisis se utiliza para encontrar una solución a los problemas.

Los principales problemas que pueden causar una mala calidad del servicio son:

- Los problemas de cobertura.
- Problemas relacionados con el fenómeno del Pilot Pollution.
- Los problemas de Handover.

5-4-1 Problemas de Cobertura:

El bloqueo de llamadas se produce cuando las condiciones de radio son pobres en la fase de establecimiento de la llamada, si queremos analizar el problema de la cobertura se debe comprobar el valor de CPICH RSCP y $\frac{E_c}{N_o}$ en la celda de servicio.

La cubierta se clasifica en cuatro niveles. Para cada clase, se especifica un umbral para el valor de RSCP y la $\frac{E_c}{N_o}$.

Tabla 5-1: Nivel de cobertura clasificadas por RSCP y la $\frac{E_c}{N_o}$.

Scanner	RSCP \geq -94	-104 \leq RSCP \leq -94	-119 \leq RSCP \leq -104	RSCP $<$ -119
$-9 \leq \frac{E_c}{N_o}$	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
$-13 \leq \frac{E_c}{N_o} < -9$				
$-18 \leq \frac{E_c}{N_o} < -13$				
$\frac{E_c}{N_o} < -18$				

Los problemas que resultan huecos de cobertura son:

- **Cell Over-shooter:** Cuando una célula es la célula de servicio en un área remota de la zona de cobertura prevista.
- **Pilot Pollution:** La interferencia puede ser detectada en áreas en las que tenemos un buen nivel de señal y de mala calidad. Esta degradación de la calidad se debe a la interferencia causada por la presencia de otras señales recibidas con una buena intensidad de campo de varias células.

Hablamos de la Pilot Pollution si se tiene varias celdas (más de 3) al Active Set (AS) y la diferencia entre estos niveles de campo deben estar por debajo de un umbral determinado (por ejemplo, 3 dB, por lo que todas las SC con $RSCP > RSCP_{strong} - 3dB$ pertenecen al conjunto activo).

- La configuración incorrecta y la colocación de antenas.
- Gran pérdida a nivel del cable de alimentación.
- Cross Feeders (alimentadores transversales): Si hay una diferencia entre el SC (Scrambling Code) previsto y SC transmitido en una zona determinada, el alimentador del primer sector puede estar conectado al segundo sector.

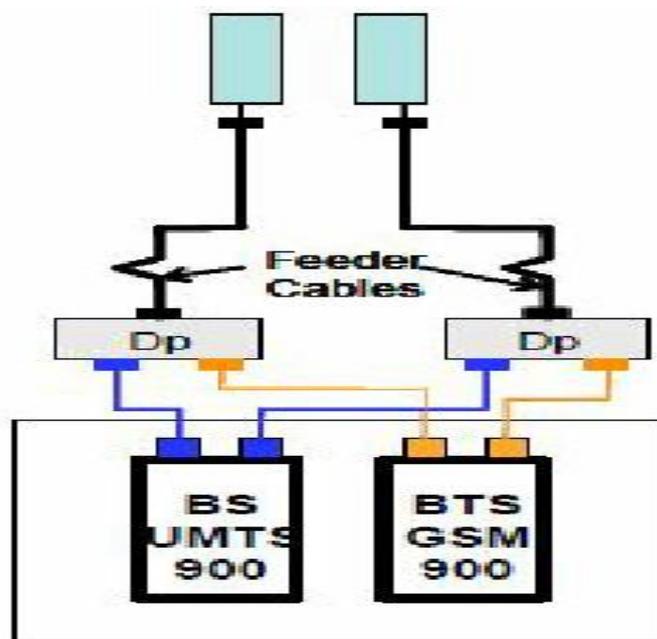


Figura 5-6 : Antena RF y Feeders.

5-5 Los problemas relacionados con el fenómeno de la Pilot Pollution:

Existe el problema del Pilo Pollution cuando, en un punto dado el móvil detecta varios pilotos, pero ninguno de ellos es dominante sobre el otro. Este problema se produce en las siguientes condiciones:

- El número de piloto es de 5 o más.
- $CPICH_RSCP_{1st} - CPICH_RSCP_{5th} < 5dB$.

5-5-1 El análisis de las causas y consecuencias:

El Pilot Pollution es el resultado de la interacción entre múltiples NodosB, entonces se produce en las zonas urbanas o en las zonas con una alta densidad de NodosB. Entre las causas se encuentran:

- **Células de mala distribución:** Debido a la restricción del sitio y de la complejidad del entorno geográfico, la distribución de las células pueden ser incorrectas. La mala distribución de las células causa una mala cobertura en algunas zonas y la cobertura por varios pilotos en la misma zona.
- **Altura de la antena incorrecta:** Si un nodo B está construido en una posición más alta en comparación con los edificios vecinos, la mayoría de las regiones vecinas habrá visibilidad directa con el Nodo B. Por lo tanto, sus señales se transmitirán ampliamente y llegan a estas regiones, que causa la Pilot Pollution.
- **Mala configuración de la inclinación "Tilt":** Si las inclinaciones de las antena están mal ajustadas, entonces será mayor interferencia que causa el Pilot Pollution.
- **Malo ajuste de potencia "CPICH":** Cuando los Nodos B se distribuyen densamente en una región estrecha, un aumento de potencia de CPICH se ampliará la zona de cobertura lo más de lo previsto, provocando el fenómeno de el Pilot Pollution.
- **Factores ambientales:** Son fenómenos causados por la topología geográfica y la estructura de calles, como la reflexión.

El Pilote Pollution tiene un impacto en el rendimiento de la red, provoca los siguientes problemas:

- **Deterioración de $\frac{E_c}{N_o}$:** La existencia de varias señales causa un incremento de la interferencia, lo que reduce la relación señal ruido $\frac{E_c}{N_o}$. Como los aumentos de las tasas de error de bloque "BLER", que afectan a la calidad de la red.
- **Silenciamiento de llamada debido al "Handover":** La falta del piloto primario provoca una consecuencia de la operación del Handover en un corto período. Esto puede provocar cortes de llamadas.

5-5-2 Solución para los problemas del Pilot Pollution:

Para resolver el problema del Pilot Pollution puede proceder por:

Ajuste de la Antena: Se trata de un cambio de los parámetros de dirección de la antena. En particular, la inclinación y el acimut. Esto cambia la distribución de señales pilotos en un área determinada. Si queremos construir un piloto de una antena respecto a otra para ser dominante sobre una superficie, sólo tiene que ajustar la inclinación y el acimut a esta zona y los de otras antenas hacia otras direcciones. Sin embargo este cambio está limitado por otras restricciones con el fin de no caer en otras cuestiones de cobertura, tales como el **Over-Shoot**.

Ajuste de potencia del CPICH: Como el Pilot Pollution es causado por una cobertura de un punto por múltiples antenas, un método directo para resolver el problema es formar un piloto

primario aumentando su potencia por un lado y disminuyendo de potencia en las otras células por otro lado.

El uso de microcelda: Si el ajuste de la antena y la potencia no resuelve el problema, puede utilizar la implementación de microcélula. El objetivo de esta solución es cubrir el área por una señal muy fuerte, y las señales que causan el Pilot Pollution van a ser relativamente débil en comparación con esta señal.

5-6 Análisis de los problemas de Handover:

El Handover 3G-2G es una característica importante para los operadores, que puede ser una solución para problemas de cobertura de la red 3G, e incluso en su congestión, su optimización tiene un impacto significativo en los KPI.

Este KPI se utiliza para evaluar la cobertura de la red y el rendimiento del Handover inter-RAT para el dominio CS (Circuit Switched) y PS (Packet Switched Domain).

Outgoing Inter RAT Handover Success Rate describe la relación entre el número de Handover Inter-RAT terminado con éxito y el número total de intentos de Handover Inter-RAT. Es dado por la siguiente ecuación en el dominio de CS:

$$IRATHOSR_{CS} = \frac{IRATHO\ SuccOutCS}{IRATHO\ AttRelocPrepOutCS} \quad (5-6)$$

Y para el dominio PS, la relación es la siguiente:

$$IRATHOSR_{PS} = \frac{IRATHO\ SuccOutPSUTRAN}{IRATHO\ AttOutPSUTRAN} \quad (5-7)$$

Con el fin de proporcionar una calidad aceptable, debe que algunos problemas relacionados al Handover se resuelven. La optimización de Handover de 3G-2G es el objetivo del ingeniero de radio que busca a minimizar la probabilidad de Drop Call (llamada pérdida), evitar el problema de Ping Pong y reducir el tiempo de ejecución del Handover.

5-6-1 Las causas de fracaso del Handover:

Hay varias razones que pueden provocar el fracaso de Handover 3G-2G:

- **Falta de células vecinas:**

Con el fin de transferir una comunicación 3G existente entre una célula y otra GSM, se debe identificar células 2G cerca de una estación base 3G. Para ello, se almacenan listas de vecinos en todas las estaciones base con la información de vecindad, y están establecidas por los operadores de red con la ayuda de las herramientas de planificación.

En caso de ausencia de las células en la lista de vecinos y la falta de información sobre las células GSM almacenada en el MSC, se puede producir un corte del enlace.

En la figura siguiente, las relaciones de vecindad de las estaciones base "A" a lo largo del perfil de movimiento azul son correctas. Si un teléfono móvil se está moviendo en la dirección de la ruta en rojo, la conversación se interrumpió por salir de la estación base "A", la estación base "C" no se reconoce como un vecino de "A".

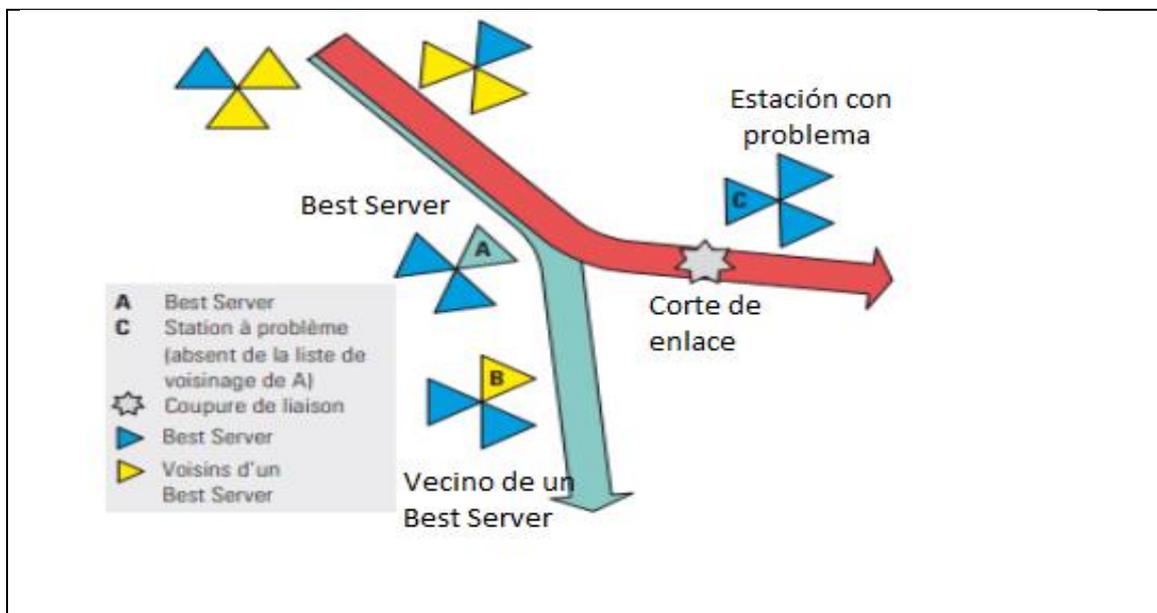


Figura 5-7: Ilustración del problema del "Call Drop".

- **Las células vecinas Inter-RAT abundante:**

Si se configuran muchas células vecinas, la UE debe dedicar más tiempo a las mediciones inter-RAT, retrasando la UE para hacer medida de las células vecinas disponibles, y generará una caída de llamadas.

- **Configuración inválida de LAC (Local Area Code):**

Para analizar los problemas, primero tenemos que empezar por la comprobación de los datos de configuración, tales como el LAC.

Si seguimos el flujo de señalización, se puede observar que debido a la mala configuración del LAC, el MSC no asigna los recursos, la red responde con el mensaje "RELOCATION Failure".

- **Cambio de la celda en la configuración de los canales:**

El cambio de la mejor célula en la fase de reconfiguración del canal retrasa el Handover. En el caso normal de un Handover inter-RAT toma 5 segundos mientras que el cambio de la mejor celda provoca un retraso de 3 segundos, que produce una caída de llamadas en la red.

- **El retraso en la activación del modo comprimido:**

Al analizar el proceso de señalización del lado RNC, podemos ver que el fracaso o retraso de activación del **Compressed Mode** puede causar la caída de llamadas en varias situaciones. Por ejemplo:

- La red no puede recibir el **Event2D** de la UE, de modo que no se inicia el modo de compresión. En consecuencia las células 2G no se miden.
- La red recibe el **Rapport2D** pero el modo de compresión no se inicia. La razón es que la red envía un mensaje PHY_CH_RECFG, pero el equipo de usuario falla en el envío del mensaje de ACK o PHY_CH_RECFG_CMP.

- **Ping Pong Reselection:**

En el modo PS, después de la nueva selección se activa la red 3G a la red 2G, el equipo de usuario accede a la red 2G y puede regresar a la red 3G a través de una nueva selección entre la red 2G y 3G.

En este caso un Handover frecuente entre 2G y 3G se realizará y aumenta el consumo de los recursos el que conduce a un fracaso del Handover 3G-2G.

5-6-2 Soluciones para optimizar el Handover 3G-2G:

- **Verificación de la configuración de LAC:**

Para analizar los problemas, primero tenemos que empezar por comprobar los datos de configuración tales como el LAC.

Una vez que nos aseguramos de que la configuración se ha completada, buscamos soluciones a los otros problemas.

- **Optimización a la lista de vecinos:**

La solución óptima para evitar el problema del Call Drop debido a la falta de la lista de vecinos, es registrar todas las células adyacentes en una lista, pero debido al tamaño limitado de las listas, y que el equipo de usuario no debe ser estorbado con tareas de medición innecesarias que genera el mismo problema de la Call Drop, hay que optimizar la lista y dejar sólo las células cuya distancia es inferior a un cierto umbral.

- **Aceleración de Handover:**

El retraso del Handover tiene una relación con el inicio del "Compressed Mode" que está afectado por la configuración del "Event2D". Podemos resolver el problema de retraso del lanzamiento del Compressed Mode activando el evento más rápido con los siguientes procesos:

- ✓ Aumentar el umbral Evento 2D (Event2D).
- ✓ La reducción de la histéresis.
- ✓ Reducir el tiempo de inicio retardado (Time to trigger).

Conclusión:

En los dos últimos capítulos hemos tratado de dar una visión general de la planificación y optimización de la red 3G desde un punto de vista teórico. Posteriormente, tratamos de ilustrar lo que se ha visto previamente por un estudio de caso de una región geográfica de Casablanca.

VI - Planificación de un clúster:

Después de los estudios teóricos de planificación y optimización anteriormente, ahora vamos a ilustrar el proceso mediante el estudio de un caso concreto. Se consideró que el caso de la ciudad de Casablanca.

En este capítulo vamos a presentar la planificación de un clúster de esta ciudad con el Software ATDI ICS Telecom, vamos a hacer un estudio de planificación, estudiando de los diversos problemas de planificación (Cobertura, interferencias, handover...etc.)

6-1 Descripción de la región a planificar:

Casablanca es una ciudad en el oeste de Marruecos, capital de la región de Casablanca-Settat. Está situada en la costa del océano Atlántico, 80 km al sur de Rabat, la capital administrativa. Es la mayor ciudad de Marruecos, así como su principal puerto; también es la mayor ciudad de la región del Magreb. En el censo de 2012 registró una población de 6 949 805 habitantes. Está considerado el centro económico y comercial de Marruecos.



Figura 6-1: Ciudad de CASABLANCA Marruecos.

6-2 Planificación de la región:

Con la ayuda del Software ICS Telecom vamos a montar un clúster en la ciudad de Casablanca y estudiaremos la superficie, el radio de cobertura, nivel de señal...etc.

6-2-1 La simulación en el programa ATDI ICS Telecom:

Para la simulación de nuestro caso, el Software ICS Telecom necesita algunos ficheros para la simulación del caso:

- La capa **Digital Elevation Model (DEM)** (* .geo) contiene un valor de altimetría para cada punto (*pixel*) del archivo. La información altimétrica puede contener información de tipo edificio (*building*). La información altimétrica es imprescindible para que ICS telecom pueda realizar el cálculo de la propagación. La información de la altura de los edificios proporciona aún más potencial al programa al permitir a ICS Telecom calcular la propagación en las ciudades. El archivo * .geo es de tipo Raster de 16 bit codificado en 2 bytes.

- La capa de **mapa** (* .img) contiene una imagen resultado de la digitalización de mapas en papel, vía satélite o imágenes aéreas. Por cada punto, el archivo contiene información cartográfica geocodificada. Se asocia con un archivo de paleta (* .pal). El archivo de imagen es un Raster de 8 bits codificado en 1 byte.

-La capa **Clutter** (* .sol) contiene información adicional sobre el tipo de terreno y su uso, para tenerlo en cuenta en el cálculo de las atenuaciones, tráfico, etc. El archivo contiene códigos específicos para cada tipo de terreno que haya (urbano, rural, arbolado, etc...). Los códigos pueden seguir las regulaciones CCIR o UER, o un código definido por el usuario. El archivo (* .sol) corresponde perfectamente con el archivo *DEM* (rejilla y el paso del archivo idénticos). Es un Raster de 8 bits codificados en 1 byte.

Con la ayuda del programa **Map Server** hemos generado los cuatro ficheros, casablanca_umts.geo, casablanca_umts.iso, casablanca_umts.pal y Casablanca_umts.sol para la simulación de nuestro caso de la ciudad de Casablanca.

Para empezar la planificación en ICS Telecom, vamos a crear un proyecto con el nombre Casablanca_project. Antes de iniciar un proyecto en ICS Telecom, es necesario pasar por ciertos pasos para importar capas para estudiar la zona deseada.

Primero cargamos los ficheros al programa y salvamos el proyecto con el nombre Casablanca_project con la extensión *.pro.

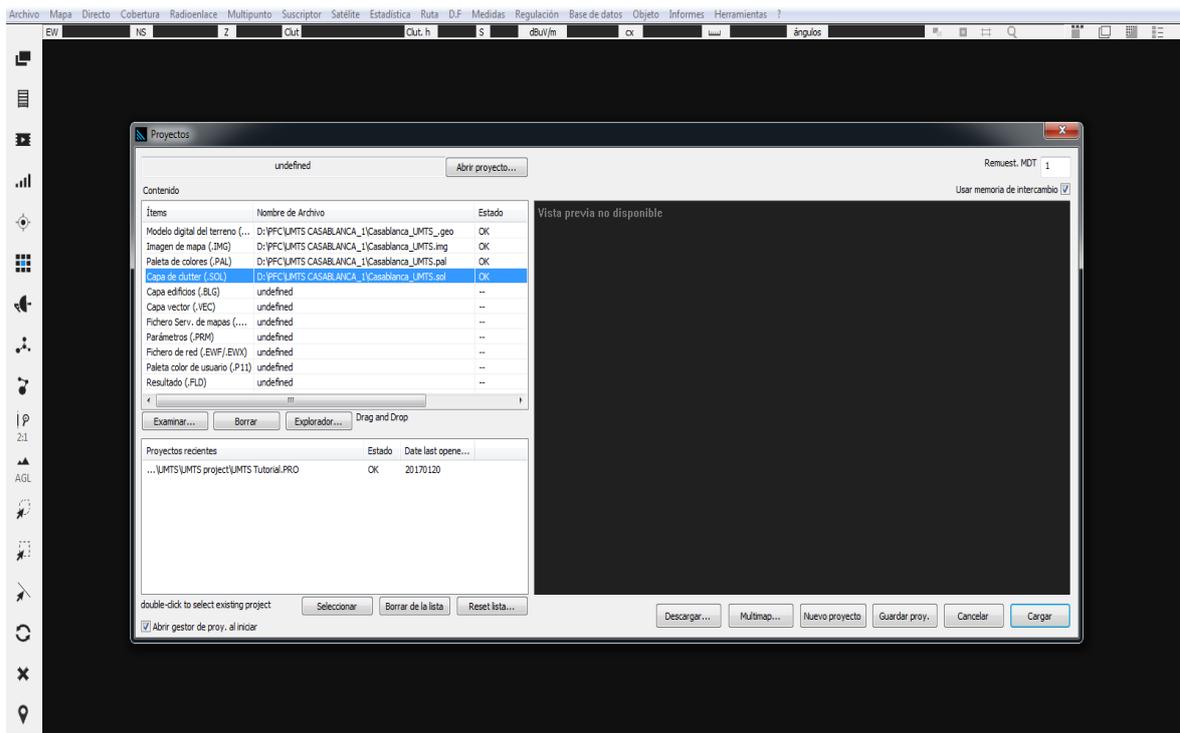


Figura 6-2: Ventana del gestor de proyectos.

6-2-2 Análisis preliminares del clúster:

▪ *Radio de cobertura:*

En esta parte vamos a calcular el radio de cobertura para la zona elegida. Entonces vamos a seleccionar **Herramienta** → **Cálculo de rango de célula**. Se despliega una ventana, asignamos los valores siguientes para el enlace descendente:

- Frecuencia: 2100 MHz.
- PIRE: 0.125 W.
- Potencia de ruido (KTBF): -104 dBm.
- Ganancia de la antena de la estación base: 18 dBi.
- Pérdidas en elementos pasivos y atenuación en exceso del campo: 50 dB.
- Tasa de chip: 3.84 Mchips/s.
- Régimen binario: 12.2 kbps
- Relación Eb/N0: 5dB

Dejamos el resto de los parámetros con los valores que aparecen por defecto.

Figura 6-3: Ventana de dimensionamiento del radio de una célula.

Después de varias simulaciones obtenemos los resultados para los diferentes servicios de datos. Cálculo de radio de cobertura para varios Régimen binario:

Tabla 6-1: Resultados de los cálculos de régimen binario.

Régimen binario (Kbps)	Radio de Cobertura (Km)
12.2	<i>2.173</i>
128	<i>0.671</i>
512	<i>0.335</i>

Observamos que el radio de cobertura disminuye con el aumento del régimen binario.

- **Zona de cobertura:**

Ahora vamos a generar un polígono para delimitar la zona deseada, pues tenemos que ir a la barra de herramientas situada a la izquierda, pulsamos el botón **Dibujar polígono/Seleccionar** y pulsamos **Dibujar Mascara**, tras finalizar el dibujo se genera el fichero Casablanca mascara de la extensión *.plg. Después cargamos la máscara a la mapa pulsando **Dibujar polígono/Seleccionar**, y **Cargar Mascara**. Se mostrará la máscara en el mapa con color especificado en los parámetros por defecto. Nos sale un cuadro, pulsamos **Continuar** y en el siguiente menú tecleamos **Porcentaje Cubierto**. Seleccionamos las zonas del clúster y tecleamos el botón **Calcular**, y obtenemos el área total cubierta por la máscara.

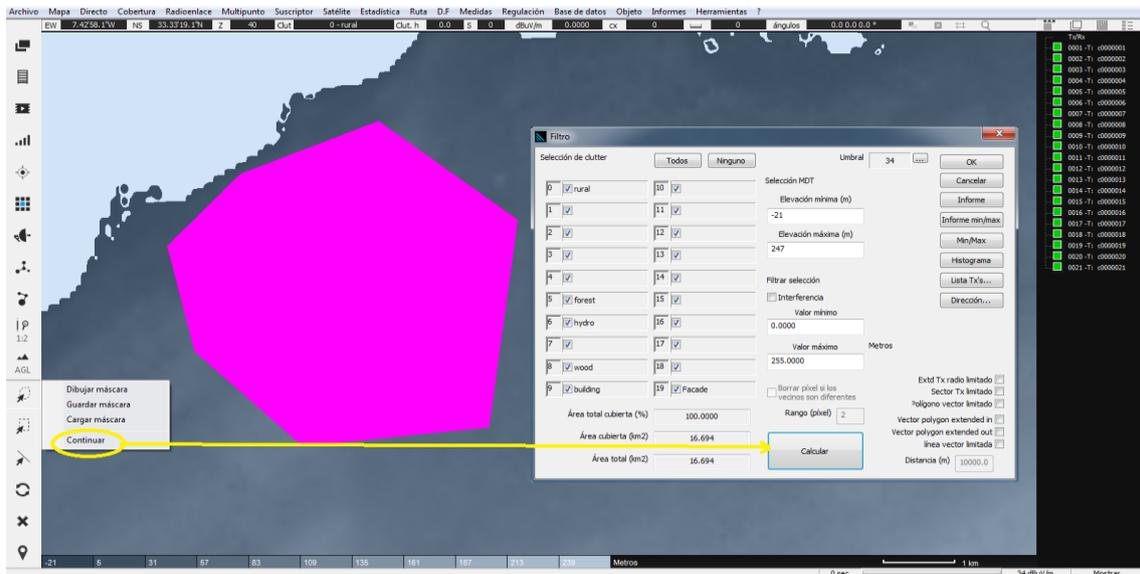


Figura 6-4: Ventana del resultado de la zona cubierta por la máscara.

El área cubierta en nuestro caso es de 16.694 Km², ahora vamos a determinar el número de estaciones base que se necesitan para cada tipo de servicios:

Regla general:

$$\pi * r^2 = A \quad (6-1)$$

- r: radio de cobertura.
- A: área de los 3 sectores.

Sea A' la zona cubierta total, entonces el número de estaciones base en la zona cubierta es:

$$N^{\circ} \text{ de estaciones base} = \frac{A'}{A} \quad (6-2)$$

Resumimos los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 6-2: Numero de las estaciones base.

Radio de cobertura [r]	Área de los 3 sectores [A]	Nº de estaciones
2.173	14.9849	2
0.671	1.4272	12
0.335	0.3568	47

- **Número de usuarios:**

Ahora vamos a determinar el número de usuarios por cada servicio, en el menú **Herramienta** → **Calculo de tráfico**, rellenamos los parámetros característicos del sistema UMTS y las propiedades genéricas del enlace ascendente. Tomamos un valor de cero dB para el parámetro **Gan.Control Pot.(dB)**, propiedad que indica la mejora en la relación Eb/No por control de potencia. El campo **Tráfico %** permite establecer el porcentaje de tiempo durante el que un abonado está conectado a la red. Para servicio de datos se puede tomar un valor típico del 33% del tiempo.

Pulsamos el botón **Buscar** bajo el cuadro **Núm.** El resultado se corresponde con el número de usuarios que se podrían conectar a un sector.

The screenshot shows a software window titled "Tráfico WCDMA (subida)". It is divided into two main sections: "Entrada" (Input) and "Salida" (Output).
 In the "Entrada" section, the following parameters are entered:
 - PR requerido (dBm)*: -100.00
 - Estación base KTBF: -104
 - Mchips/s: 3.84
 - Ratio de bit de usuario: 128.00
 - Eb/No requerido (dB)*: 5.00
 - Gan. control pot. (dB): 0
 A small "P" button is next to the PR requerido field.
 In the "Salida" section, the results are shown:
 - Núm.: 20
 - Tráfico %: 33.00
 - Eb/No: 6.53
 There are "Buscar" buttons under the "Núm." and "Tráfico %" fields, and a "Cerrar" button at the bottom right.
 A note at the bottom left says "(*) En estación base".

Figura 6-5: Ventana de cálculo del número de abonados a un sector.

Para el servicio 128 kbps obtenemos 20 abonados que se pueden conectar a un sector, y para 512 kbps 10 abonados por sector.

Entonces para atender una población de 1000 abonados que acceden al servicio de datos de 128kbps, 512kbps debe calcular la cantidad de estaciones tri-sectoriales necesarias:

Regla general:

$$\text{Numero Estaciones} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de usuarios}}{N^{\circ} \text{ de usuarios por celda} * N^{\circ} \text{ de celdas en cada estaciones}} \quad (6-3)$$

Para un régimen de 128 kbps:

$$\text{Numero Estaciones} = \frac{1000}{20 * 3} = 16.66 = 17 \quad (6-4)$$

Para un régimen de 512 kbps:

$$\text{Numero Estaciones} = \frac{1000}{10 * 3} = 33.33 = 34 \quad (6-5)$$

6-2-3 Despliegue del clúster:

- **Preferencias generales:**

Antes de colocar los emplazamientos tenemos que configurar las preferencias generales del programa:

- Se puede definir la altura de la antena por defecto y el control del Tilt.
- Indicar un límite de cálculo circular para cada estación.
- Indicar que las estaciones se etiqueten automáticamente (Callsign automáticos).
- Cambiar unidades de coordenadas.
- Fijar valores mínimos de cobertura, etc...

Entonces tenemos que ir al menú **Archivo** → **Preferencias** para ajustar las configuraciones necesarias.

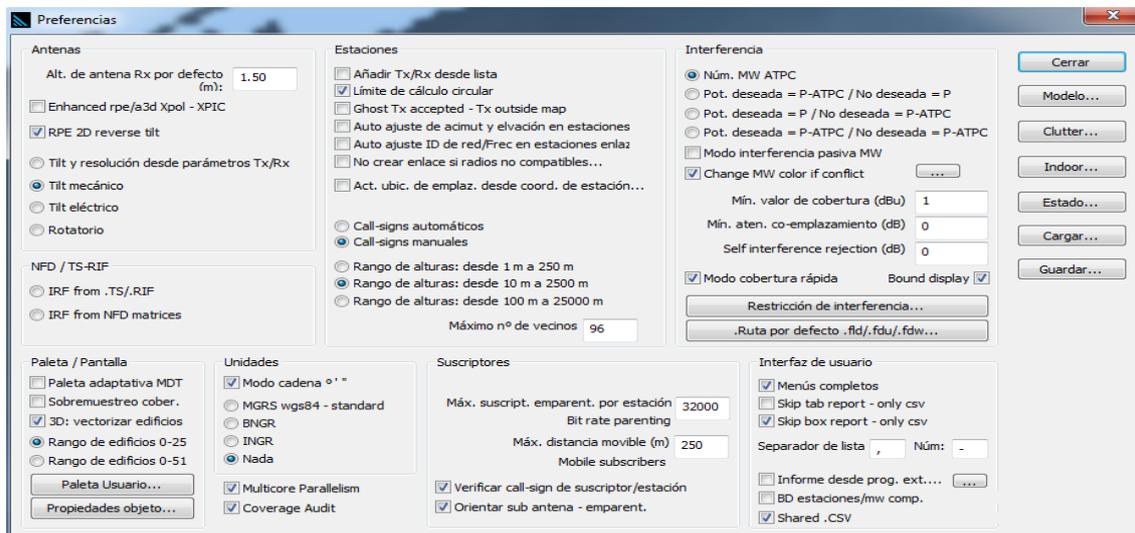


Figura 6-6: Ventana de Preferencia general de programa ICS Telecom.

▪ **Propiedades de los objetos sobre mapa:**

En el menú *Objeto* → *Propiedades de Objeto* configuramos las propiedades que controlan como se muestran los objetos en el mapa, por ejemplo:

- Etiquetas para los emplazamientos.
- Subscriptores.
- Directividad Tx/Rx...etc.

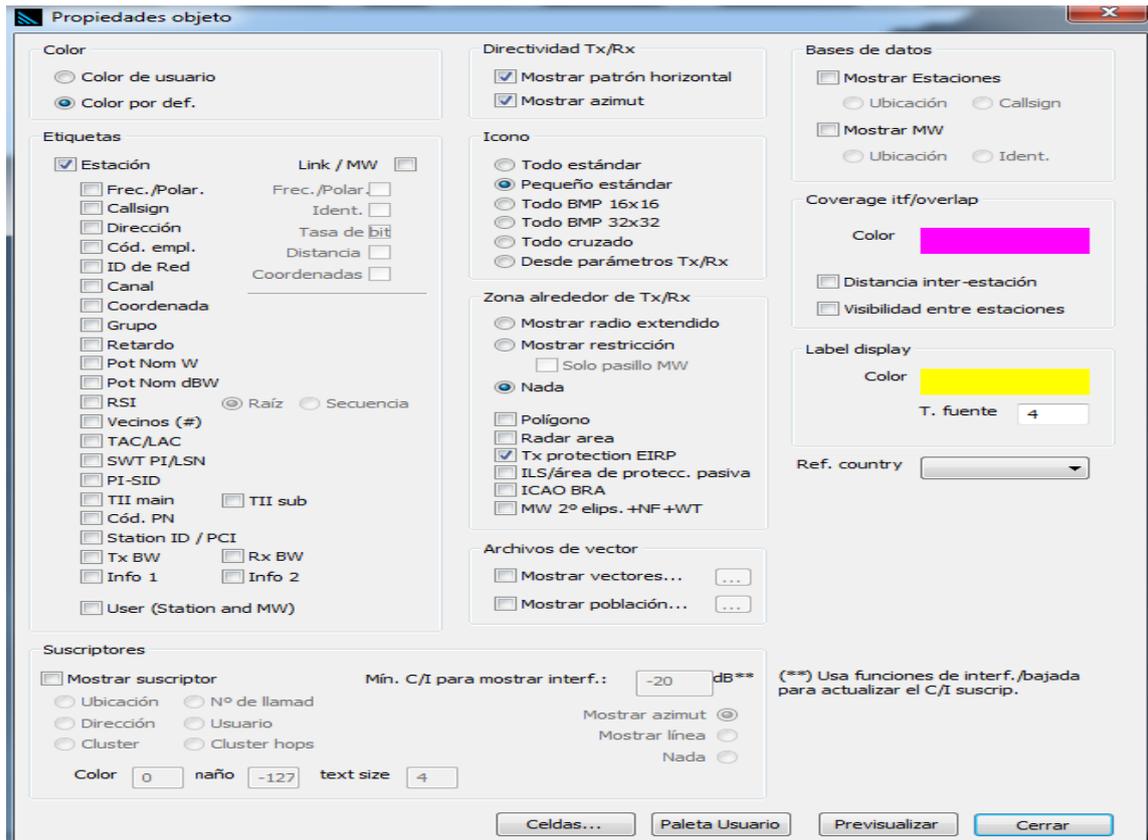


Figura 6-7: Ventana de propiedad de objetos en la mapa.

▪ **Colocación de emplazamiento:**

Primero vamos a color las antenas de forma aleatoria en la mapa y guardamos las informaciones como coordenadas, sistema de coordenadas, altura de las antenas, potencia nominal de transmisión y frecuencia de transmisión en un fichero Excel de extensión *.csv. Guardamos la configuración actual mediante el comando *Archivo* → *Guardar* → *Guardar archivo de red (.ewf)*.

En futuras mejoras por ejemplo cambio de sitio de los emplazamientos, necesitamos solamente modificar en el fichero Excel creado anteriormente, y lo cargamos al programa:

Abrimos el menú *Archivo* → *Importar* → *Archivo ASCII genérico....*, cargamos el fichero Excel y tecleamos a *Importar al mapa*.

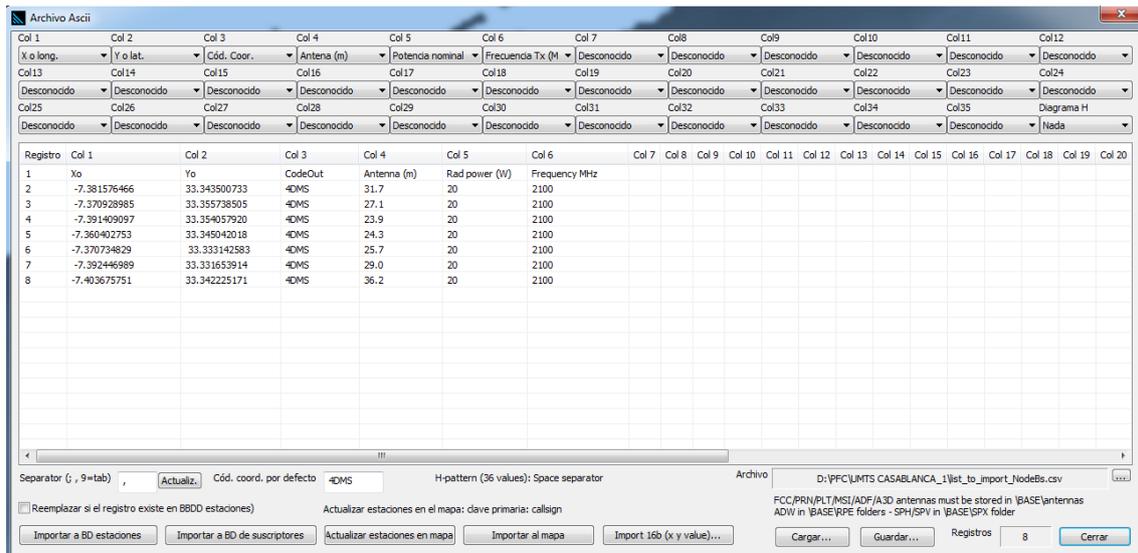


Figura 6-8: Ventana para la importación de ficheros *.csv de estaciones base.

▪ Configuración radioeléctrica:

En esta parte vamos a configurar los parámetros radioeléctricos de los nodos B. Seleccionamos un nodo cualquiera del clúster y a continuación en *Parámetros*. La ventana que se despliega contiene cinco pestañas:

1-Pestaña general:

En esta pestaña debería configurar los siguientes datos:

- **Señal:** WCDMA FDD (35); 35 sólo es una referencia interna de ICS.
- **Pot.nominal:** 40 W
- **Ganancia de antena (G. ant. Tx/Rx):** 20 dB.
- **Pérdidas (Pérd. Tx/Rx):** asociadas a conectores, elementos pasivos y alimentadores; tomamos 1 dB en cada caso.
- **Frecuencia:** 2100 MHz.
- **Ancho de banda (AB Tx/Rx):** 5 MHz

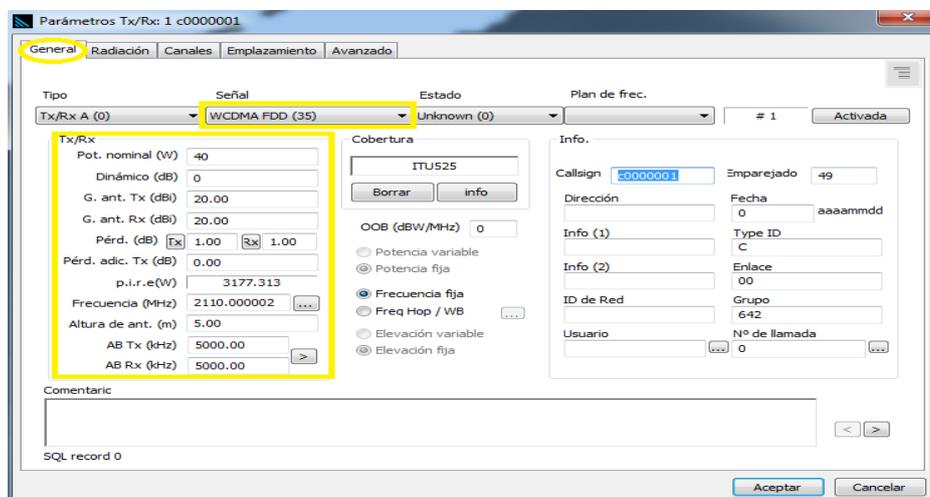


Figura 6-9: Pestaña General del cuadro Parámetros Tx/Rx.

2-Pestaña Radiación:

En esta pestaña se configura los diagramas de radiación de las antenas:

- Seleccionamos el tipo de diagrama: **Antena 2D H+V (1 polarización)**.
- Cargamos los ficheros **Antena_UMTS_H.sph** y **Antena_UMTS_V.sph** que son los diagramas del plano horizontal y vertical respectivamente.

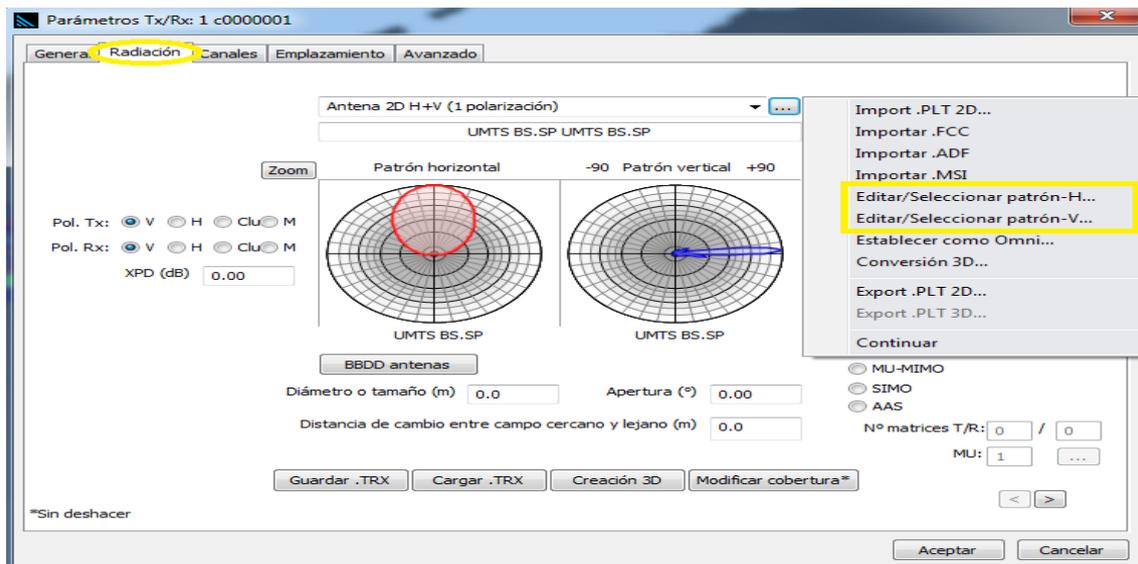


Figura 6-10: Pestaña Radiación del cuadro Parámetros Tx/Rx.

3-Pestaña canales:

Configuramos los siguientes parámetros:

- En el cuadro **En transmisión**, defina un canal.
- En el cuadro **En recepción**, defina un canal.
- En el cuadro **En transmisión** especifique una frecuencia de 2110 MHz.
- Establezca una separación dúplex de 190 MHz (campo Esp. Tx/Rx) y pulsamos el botón Shift. Comprobamos que la frecuencia en el cuadro En recepción es 1920 MHz.

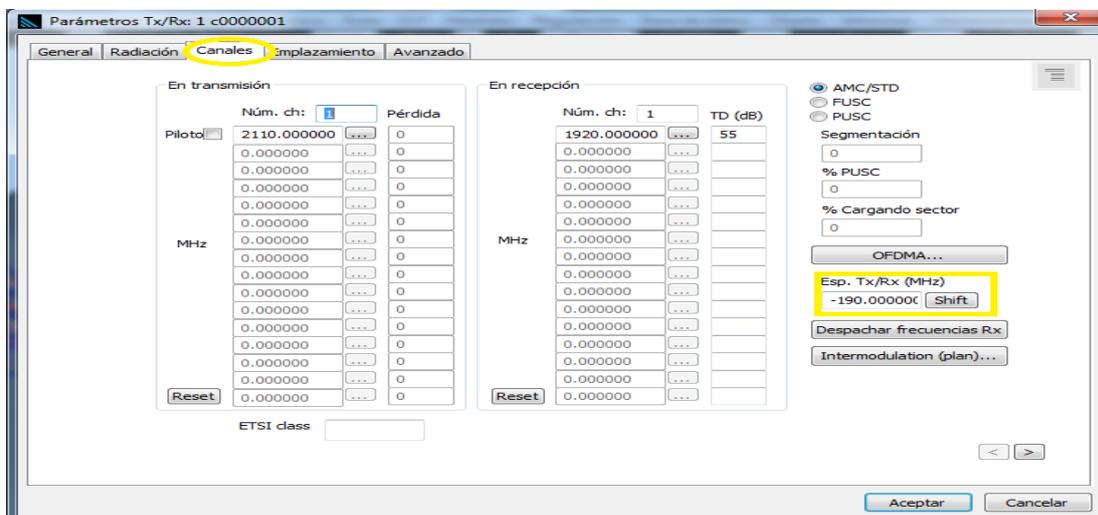


Figura 6-11: Pestaña Canales del cuadro Parámetros Tx/Rx.

4-Pestaña Avanzado:

En esta pestaña configuramos los parámetros de la tecnología:

- **Portadora (dBm):** Permite el ajuste de la potencia por parte de los terminales móviles. Podemos establecerlo en -100 dBm.
- **Umbral de cob. (dBuV/m):** Establece el límite de campo para cobertura en el DL y se utiliza a efectos de representación gráfica, lo fijamos en 35 dBuV/m.
- **Umbral de Rx. (dBuV/m):** Especifica el umbral de campo para el receptor del nodo B y tiene utilidad para el cálculo de cobertura en el UL, lo fijamos en 30 dBuV/m.
- **KTBF (dBm) y Noise floor (dBm):** ambos permiten especificar el nivel de ruido térmico. Por defecto ambos deben ser iguales. Tomamos -104 dBm.
- **Actividad (%):** Porcentaje de tiempo durante el que el nodo B está activo. Por defecto, se considera el 100 % del tiempo.
- **% Pot. piloto:** permite establecer el porcentaje de potencia que se destina al canal piloto. Un valor típico es el 10 %.
- **% Pot. pag., % Pot. sinc.:** Utilizamos los valores que aparecen por defecto.
- **DL kbit/s y UL kbit/s:** límite de tráfico para un sector de un nodo B. Por defecto se considera 20 Mbps.

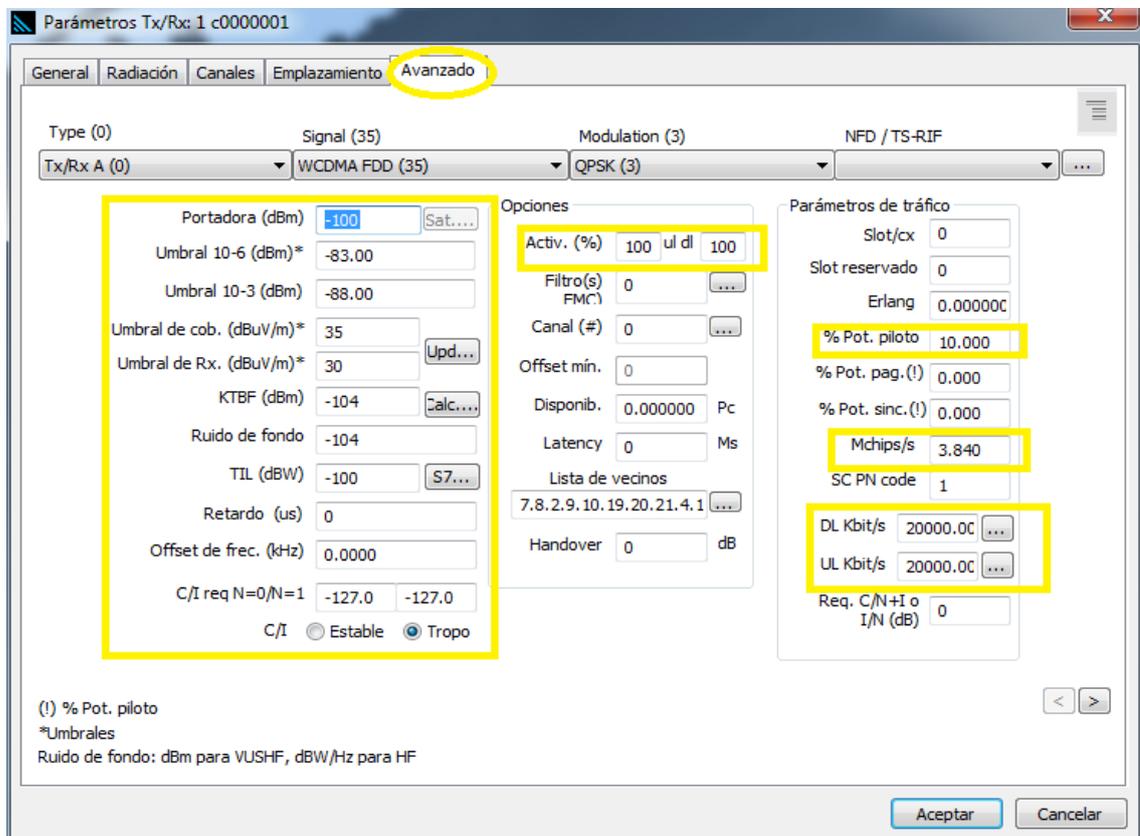


Figura 6-12: Pestaña Avanzado del cuadro Parámetros Tx/Rx.

Guardamos estos parámetros en un fichero de extensión *.trx. Redirigimos a la pestaña *Avanzado* tiene un botón **Guardar TRX**, tecleamos al botón y se guarda la información configurada anteriormente en el fichero **NodoB.trx**.

Para ajustar independiente el umbral de recepción en todas las estaciones dirigimos a *Configuración* de la paleta a la izquierda y seleccionamos **Umbral** y marcamos la opción **Umbral desde Rx**.

Aplicamos los parámetros que acabamos de configurar al resto de las antenas del clúster. Para ello pinchamos a ctrl+A. A continuación dirigimos a *Objeto* → **Cargar TRX** y cargamos el fichero **NodoB.trx**. Tras esta operación se aplica toda la configuración al resto de las antenas.

- **Celdas tri-sectoriales:**

Para ampliar el número de estaciones y construir celdas tri-sectoriales, dibujamos un rectángulo seleccionando todas las antenas mediante la opción **Dibujar rectángulo/Seleccionar Dibujar rectángulo**. A continuación del menú desplegable seleccionamos la opción **Estaciones Duplicar estaciones**, especificamos número de copias, en nuestro caso 2 copias, **Azimuth spacing** igual a 120deg.

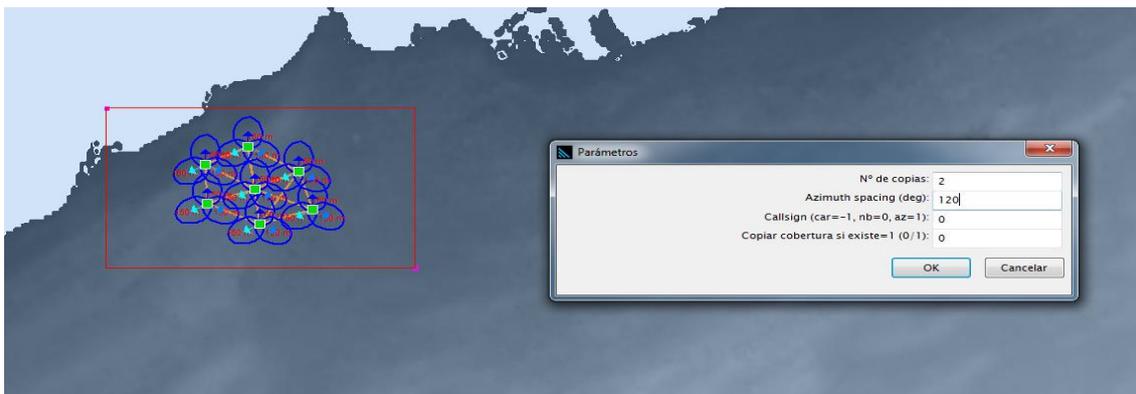


Figura 6-13: Ventana para crear una celda tri-sectorial.

Por ultimo guardamos la configuración de la red en un fichero de extensión *.ewf especificándolo el nombre Casa_UMTS_Project.ewf.

6-2-4 Análisis de cobertura:

Antes de realizar los estudios de cobertura es necesario configurar el modelo de radiopropagación. En el menú *Herramientas* → **Modelo de propagación** después pulsamos **Modelo** en la ventana de **Modelo de propagación**. Aplicamos la configuración siguiente:

- **Método de propagación:** modelo ITU-R 525.
- **Geometría de difracción:** Deygout 1994 (difracción).
- **Atenuación de subruta:** Standard (atenuación de subruta).

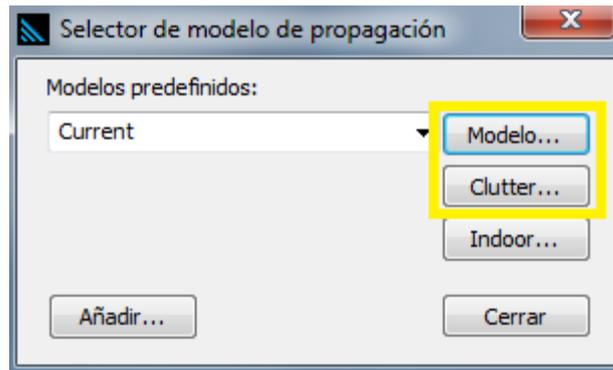


Figura 6-14: Ventana de modelo de propagación.

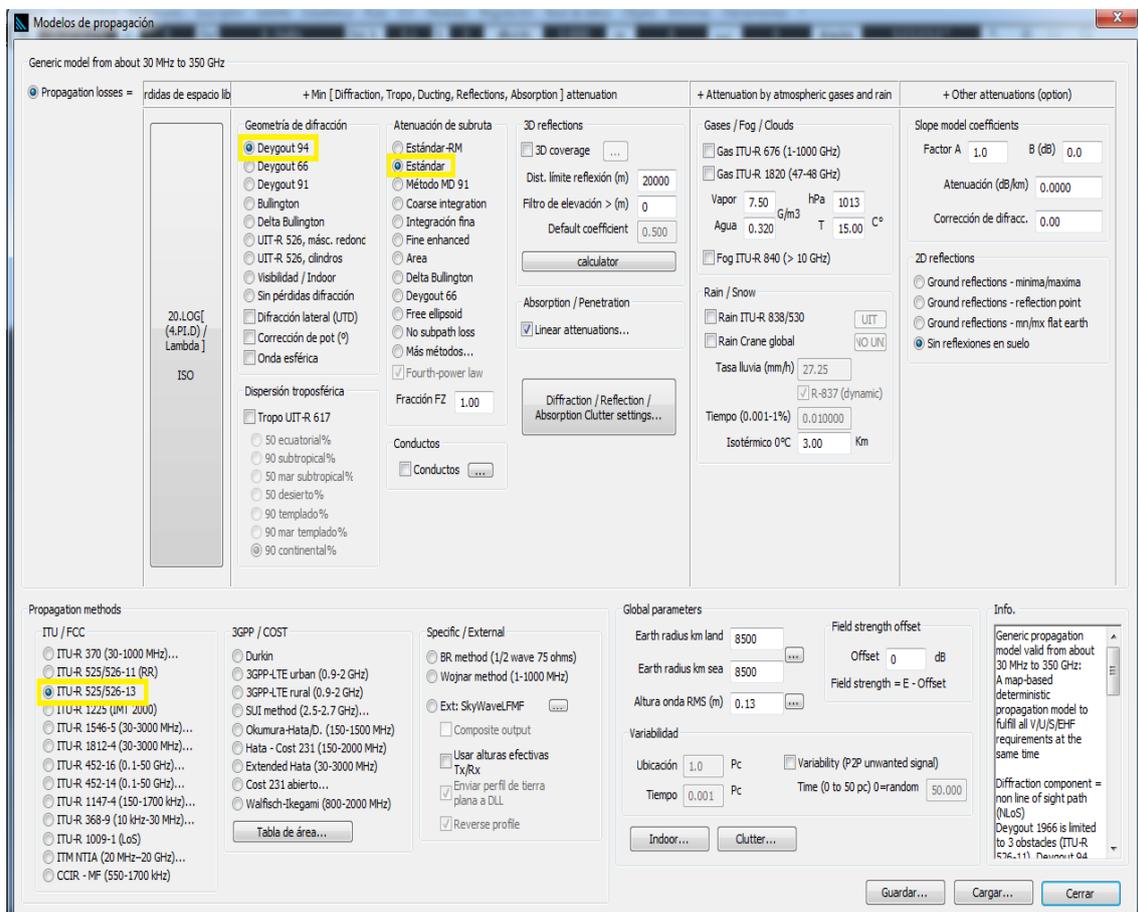


Figura 6-15: Ventana de configuración de Modelo de propagación.

Configuramos también los parámetros de propagación específicos de las distintas zonas de clutter. En la ventana *Modelos de propagación* pulsamos a *Clutter*, aplicamos la configuración siguiente al cuadro que se despliega:

- Activamos la atenuación en dB/km marcando la opción correspondiente.
- Para cada zona de clutter establecemos los valores de dB/km y dB.

- Para las alturas de las antenas de los terminales vamos a referirlas al nivel del suelo (T/R sobre MDT) y la antenas al nivel del clutter (T/R sobre clutter).

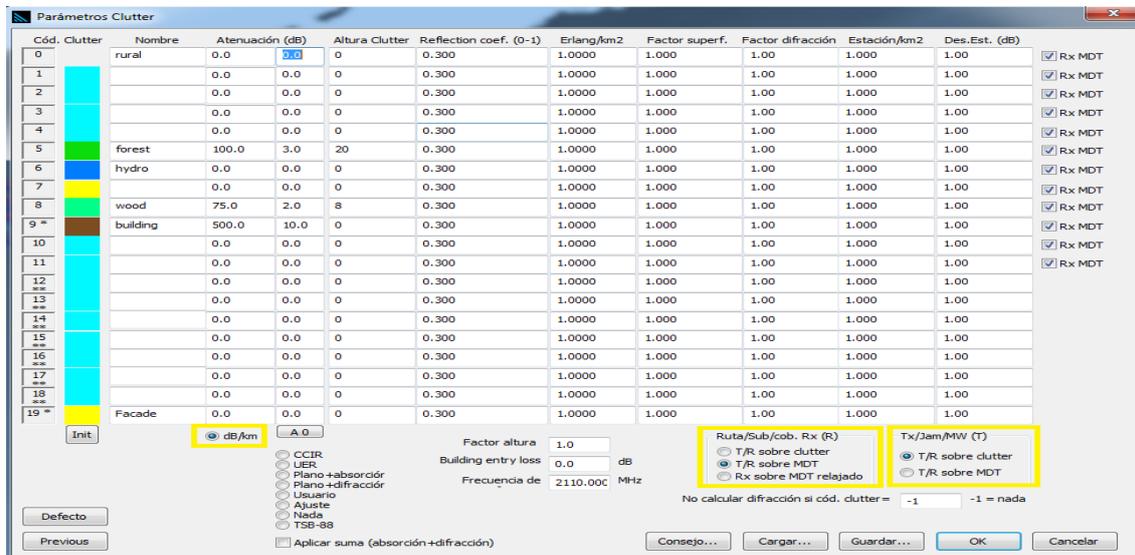


Figura 6-16: Ventana de configuración del Clutter.

Todo lo que hemos hecho antes es una configuración necesaria para el análisis de cobertura. Ahora dirigimos al menú *Cobertura* → *Cálculo de red* → *Cobertura 3G RSCP*.

Especificamos los siguientes parámetros:

- **Altura de las antenas de los receptores:** la altura de los terminales móviles en metros. Se tomará el valor por defecto especificado en las preferencias generales (1.5 m).
- **Distancia (km):** Alcance del estudio respecto de cada sector, 2 km.
- **Mín. valor de cobertura (dBu):** No se considerarán niveles de campo inferiores al valor especificado. Considere un umbral de 1 dBu.
- **Umbral deseado:** Límite de visualización. Dependerá del valor establecido para cada estación.

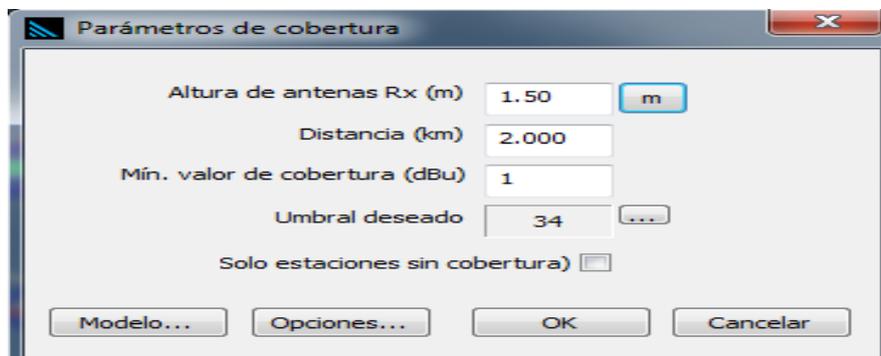


Figura 6-17: Ventana de configuración de Parámetros de Cobertura.

Pulsamos el botón OK para iniciar el cálculo de cobertura. En la siguiente figura vemos la cobertura de red de los sectores activos.

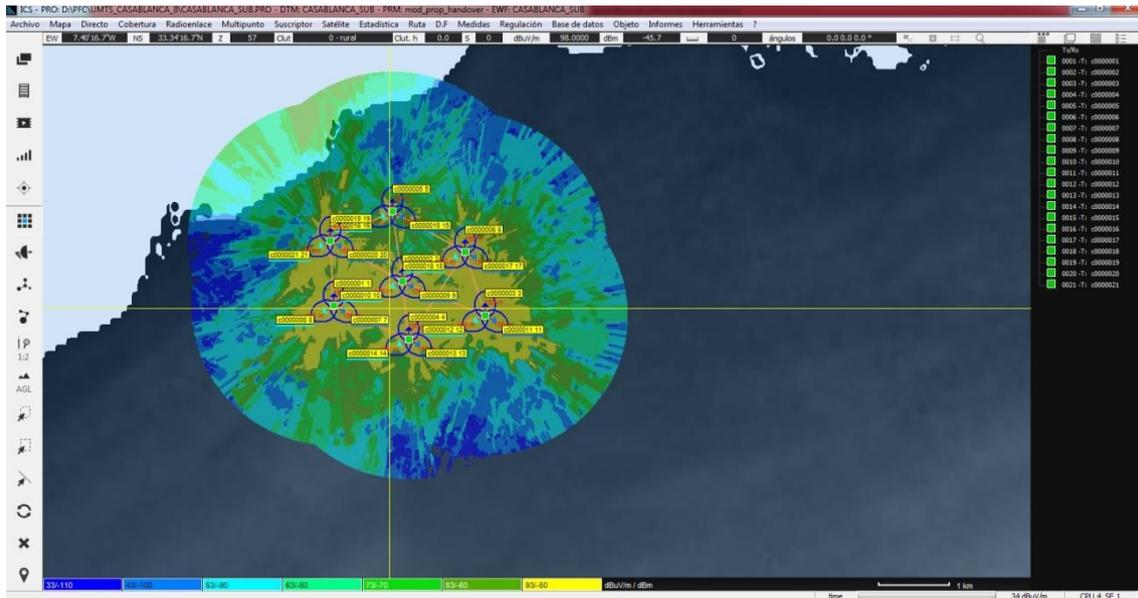


Figura 6-18: Nivel de señal para Cobertura 3G RSCP.

Se ve en la figura 6-18 el nivel de la señal se varía entre -50 dB y -110 dB. La mayoría de la zona tiene un buen nivel de señal salvo algunos sitios (azul oscuro) y esto resulta si la zona tiene obstáculos o zona verde (parques). En el estudio de **Cobertura compuesta** vamos a estudiar un caso de la zona de menos cobertura para analizarla.

- **Cobertura compuesta:**

Ahora hacemos el estudio *Cobertura Compuesta* que nos permite determinar el nivel de señal en cada punto del mapa, podemos ver los valores en dBu/dBm. Dirigimos a *Cobertura* → *Análisis de cobertura 3G RSCP* → *Mostrar cobertura compuesta*.

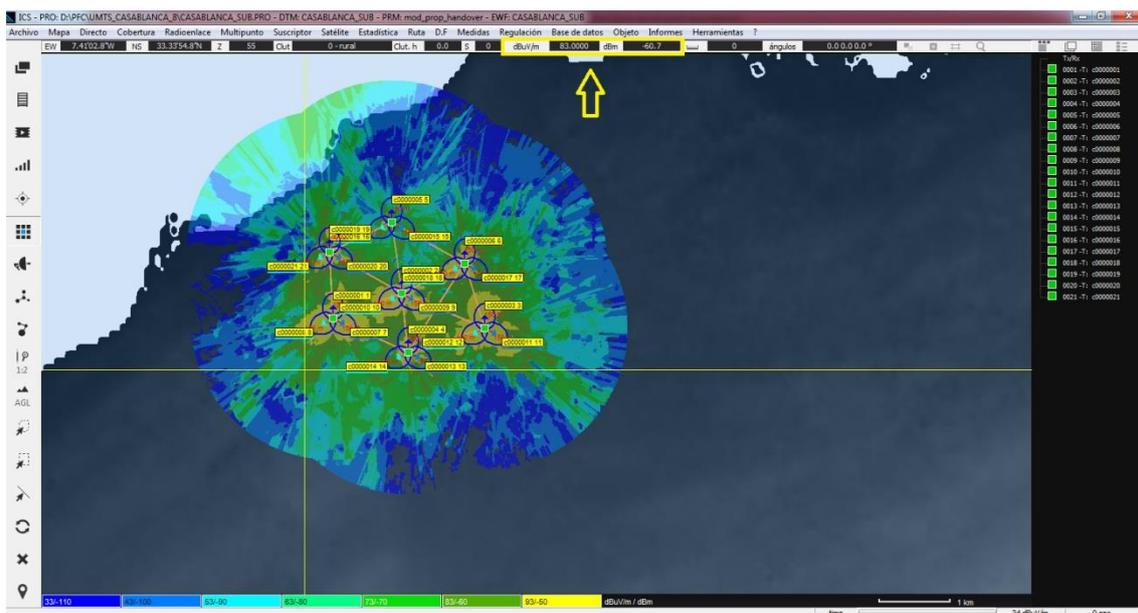


Figura 6-19: Nivel de señal para Cobertura Compuesta.

Elijemos un punto del mapa donde hay un mal cobertura y pulsamos el botón derecho del ratón, en el menú desplegable elijemos **Perfil desde** y seleccionamos la estación transmisora más cerca del punto para estudiar la propagación de la señal entre la antena transmisora y receptora (móvil). Se abrirá la ventana mostrando el perfil:



Figura 6-20: Grafica para el análisis de cobertura.

En cada cuadro de la figura tenemos informaciones relacionadas para:

- 1- Información del Transmisor.
- 2- Información del Receptor
- 3- Información sobre la ruta entre el TX-RX y la recepción de la señal.

A la izquierda de la figura tenemos la altura de los edificios y las antenas. A la derecha hay el nivel de señal en cada punto del trayecto.

Como vemos de la figura 6-20 que el nivel de señal disminuye cuando acercamos a los edificios y que el rayo directo (rayo de color cian) cruza obstáculos para llegar al Rx y esto afecta a la cobertura de la señal.

- **Cobertura de mejor servidor:**

En el estudio de **Cobertura mejor servidor** muestra el identificador de la estación que proporciona mejor nivel de señal en cada punto del mapa. Pulsamos **Cobertura** → **Análisis de cobertura 3G RSCP** → **Cobertura mejor servidor (16b)**, ver la figura siguiente:

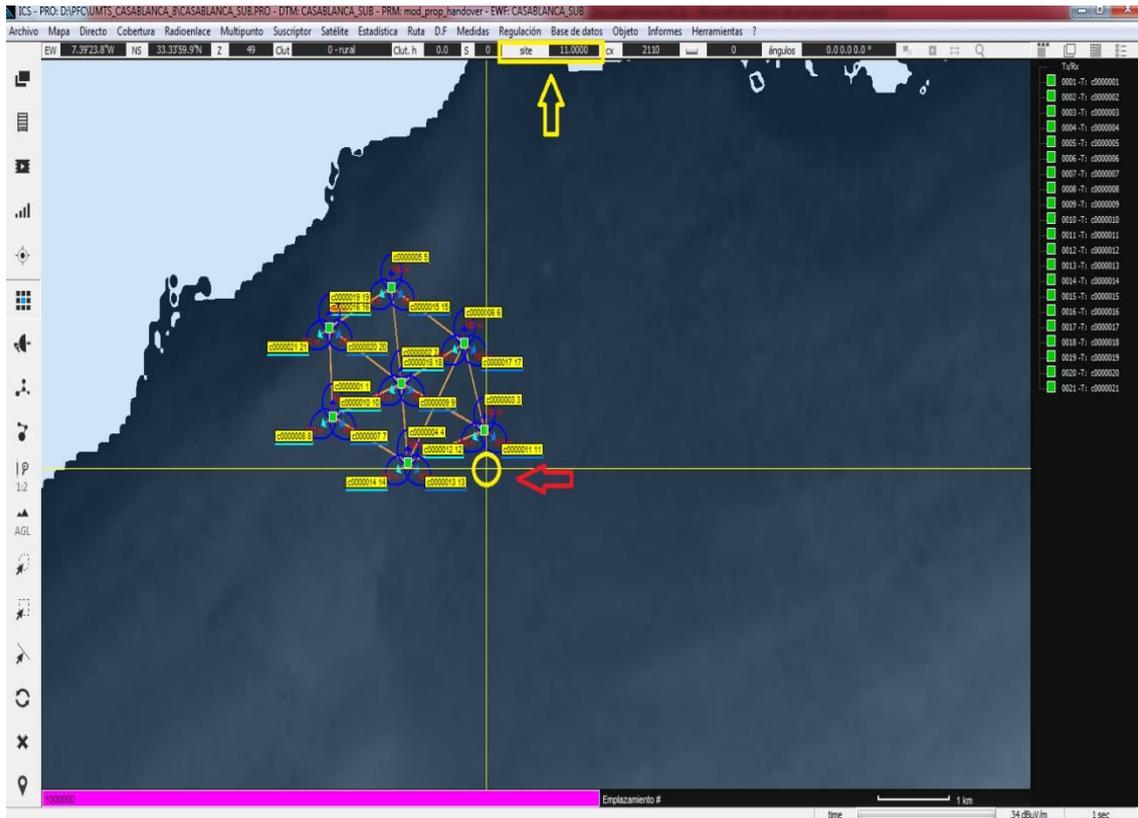


Figura 6-21: Cobertura de Mejor servidor.

Como hemos visto en la figura 6-21 el programa nos da información sobre el mejor servidor donde colocamos el punto del ratón en el mapa y esto nos servirá a conocer cuál es el mejor nodo B que nos ofrece el mejor servicio de red en ese punto.

6-2-5 Análisis de interferencias:

- **Análisis de la relación señal interferencia E_c/I_o :**

El estudio de interferencia E_c/I_o nos permite medir la señal del canal piloto de cada sector para evaluar la calidad de cada sector por separado [9].

Seleccionamos el estudio *Cobertura Interferencia de red W/CDMA maps*, se desplegará un cuadro en el que configuramos las siguientes opciones:

- Seleccionamos E_c/I_o (*R99/HSDPA/EvDO*).
- *Mascara IRF* especificando solo 0dB para el canal común ($N=0$).
- Valor de potencia de ruido *KTBF (I)*: -100 dBm.
- Ganancia en recepción *G. Rx*: 18dB.

Ver los ajustes en la siguiente figura:

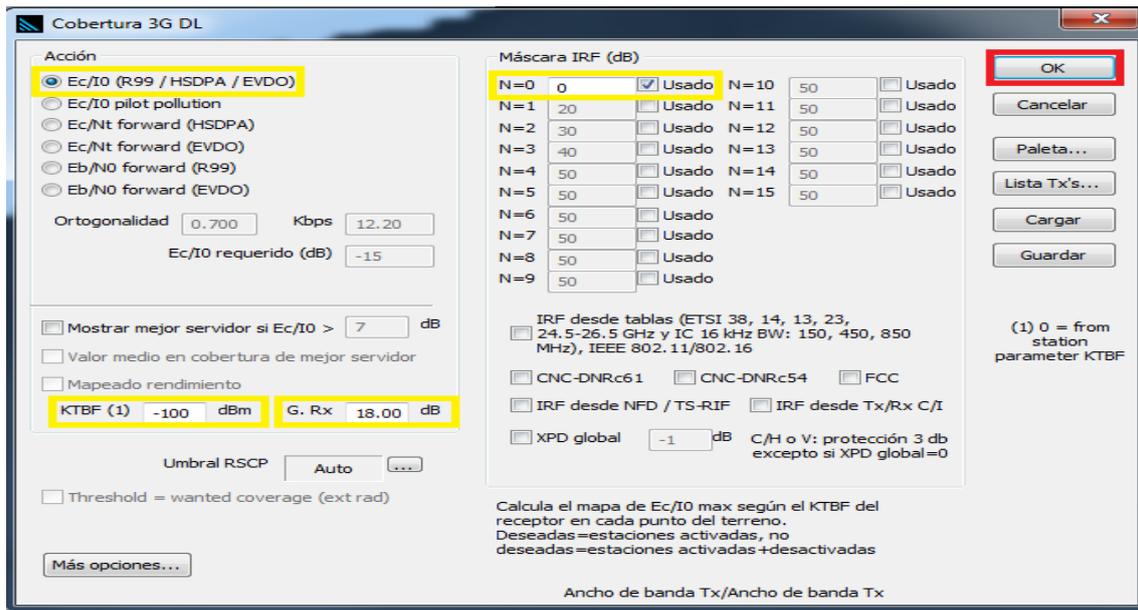


Figura 6-22: Ventana de configuración de Interferencia de red W/CDMA maps.

Pulsamos el botón Ok para iniciar la simulación del programa para la interferencia E_o/I_o (Ver Figura):



Figura 6-23: Resultados de análisis de Interferencia de red WCDMA maps.

Vemos de la figura 6-23 que el nivel de la relación señal interferencia es cero en toda la zona, podemos también ver el valor de cada punto del mapa en la barra horizontal de la parte superior de la pantalla, si se indica un valor de 255 significa que el nivel de la señal se encuentra por debajo del umbral especificado.

▪ **Análisis de la relación señal ruido Eb/No:**

Se mide Eb/No en el receptor y nos indica que tan fuerte es la señal recibida [9]. Seleccionamos el estudio *Cobertura Interferencia de red W/CDMA maps*, se desplegara un cuadro en el que configuramos las siguientes opciones:

- Seleccionamos *Ec/Io (R99/HSDPA/EvDO)*.
- *Mascara IRF* especificando solo 0dB para el canal común ($N=0$).
- Valor de potencia de ruido *KTBF*: -100 dBm.
- Ganancia en recepción *G. Rx*: 18dB.
- Ortogonalidad del canal (*ortogonalidad*): 0.7
- la tasa de datos promedio en el enlace descendente: Caso1:512Kbps, Caso2: 12.2Kbps
- umbral de relación Ec/I0: -15dB.

Pulsamos el botón Ok para iniciar la simulación del programa para la relación señal ruido **Eb/No** .

Caso 1: promedio tasa de datos 512 Kbps

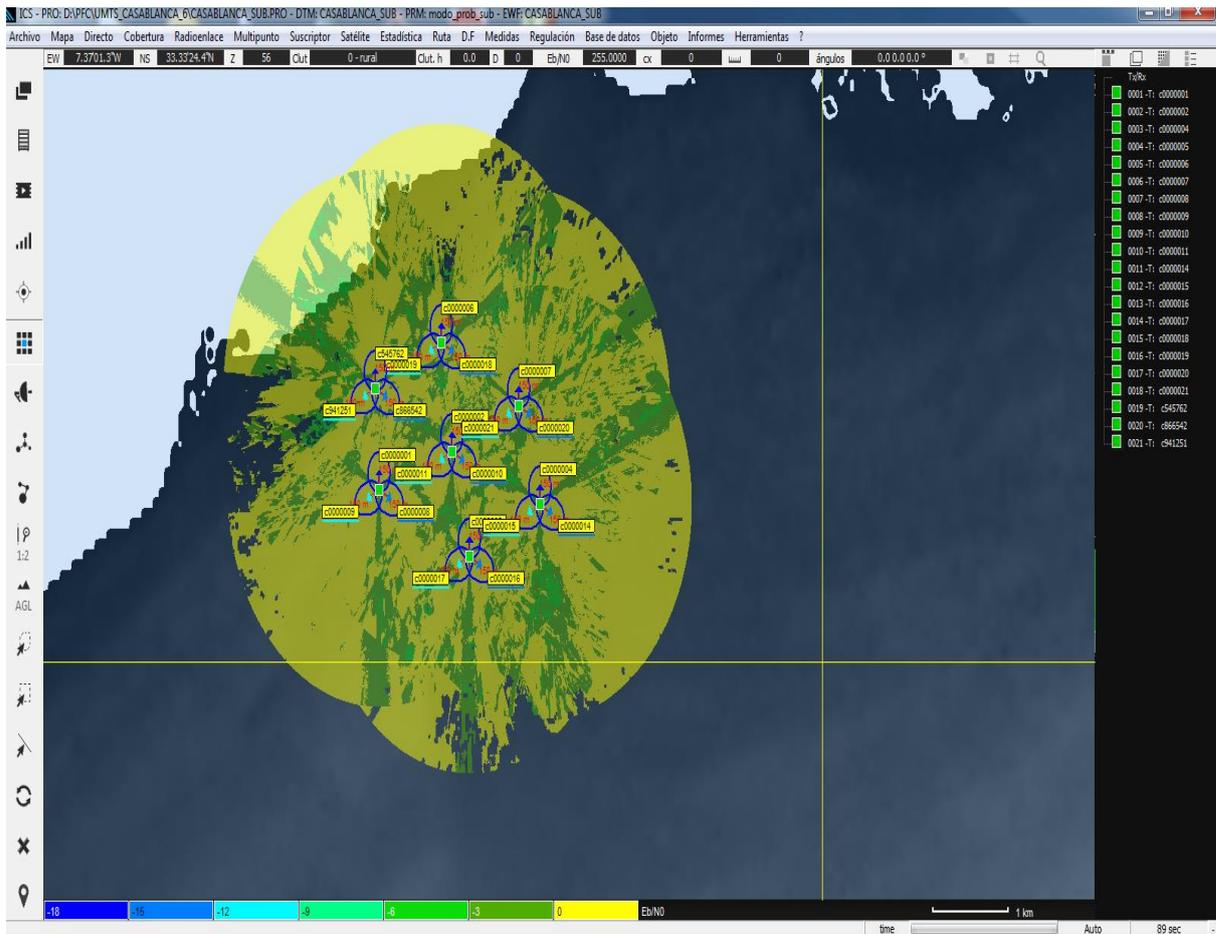


Figura 6-24: Cobertura de interferencia con tasa de datos de 512 Kbps.

Caso 2: promedio tasa de datos 12.2 Kbps.

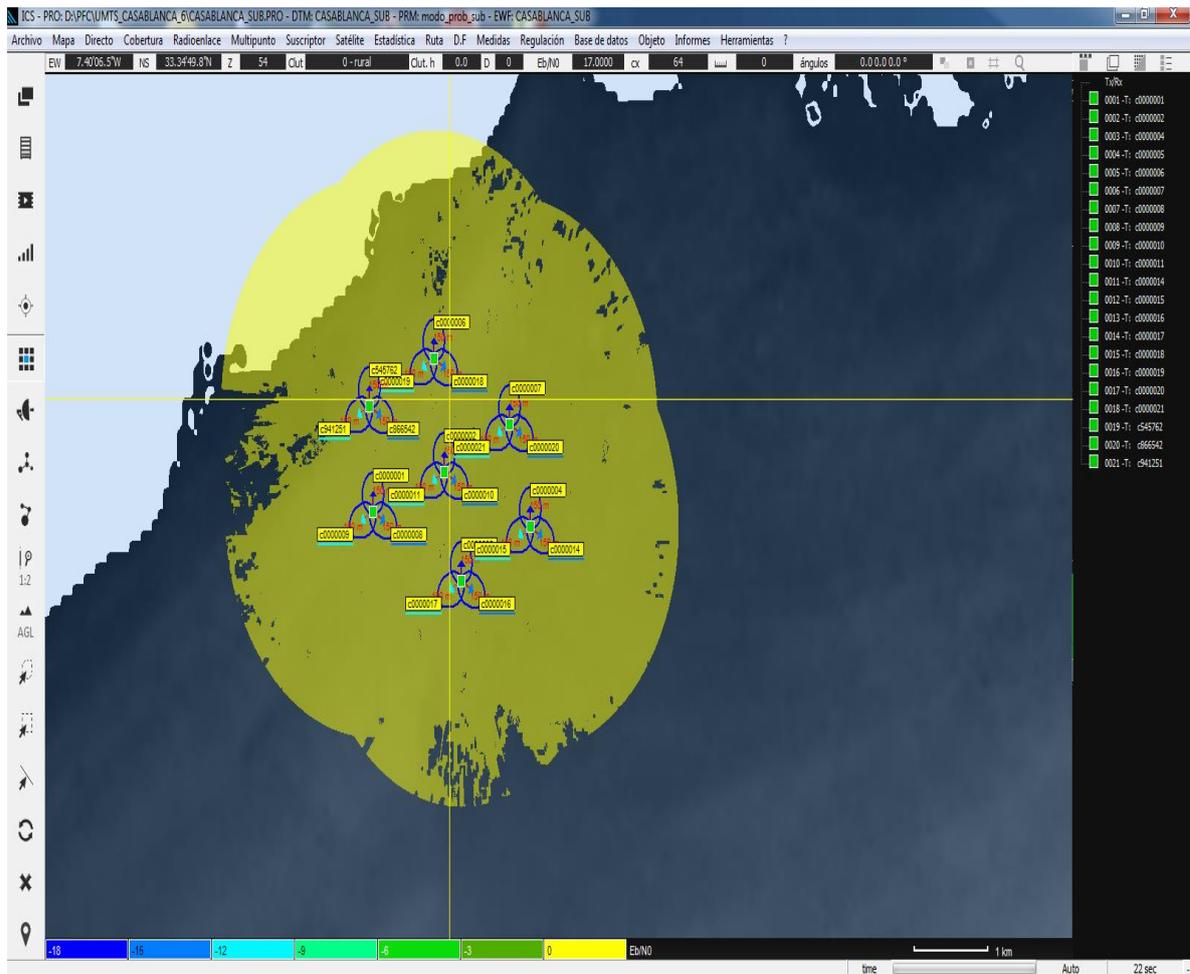


Figura 6-25: Cobertura de interferencia con tasa de datos de 12.2 Kbps.

Observamos que en el estudio de análisis de interferencia con promedio de tasa de datos 512Kbps aparecen zonas con E_b/N_o igual a -3 (figura 6-24) y esto depende de la relación E_b/N_o con el promedio de tasa de datos.

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{W}{R} * \frac{P_r}{I_{prop} * (1 - \alpha) + I_{otras} + Ruido} \quad (6-6)$$

Dónde:

- W: Ancho de banda
- R: Promedio de tasa de datos.
- P_r : Potencia recibida
- I_{prop} : Interferencia de la propia celda servidora.
- I_{otras} : Interferencia de otras celdas.
- α : Factor de ortogonalidad.

6-2-6 Subscriptores:

En este apartado vamos a estudiar un factor muy importante para la planificación de red UMTS que son los suscriptores.

La distribución de ellos sobre la zona de cobertura genera unas condiciones de interferencia y carga que afectaran al comportamiento de la red. Entonces vamos a generar una población de usuarios importante para hacer estudios más cerca a la realidad.

A partir de la distribución creada realizaremos una simulación de Montecarlo que nos permite establecer el estado de conexión de cada subscriptor a la red.

Cargamos de nuevo la máscara “Casablanca_mascara.plg”, pulsamos **Continuar** y **Subscriptores** → **Generar subscriptores**. En el cuadro de dialogo que se despliega, marcamos los regiones del clutter donde vamos a ubicar los subscriptores (zonas rural, forest y building). Creamos una base de datos de los usuarios y la llamamos **Sub_UMTS** de extensión *.sur.

En la base de datos creada vamos a especificar un número de usuarios por servicio:

- 500 usuarios por servicio de datos.
- 500 usuarios por servicio de voz.

Configuramos los parámetros de cada quinientos usuarios pulsando el botón **Parámetros** se despliegue un cuadro **Parámetros de subscriptor**. Especificamos por cada tipo de usuarios los siguientes datos:

- **Tecnología (Subscriber signal):** WCDMA FDD (35).
- **Modulación:** QPSK (3).
- **Pot. nominal:** 0.125 W.
- **Ganancia y tipo de antena:** 0 dBi y patrón omnidireccional.
- **Rango dinámico:** 60 dB.
- **Pérdidas adicionales en transmisión (Pérd. adic. Tx):** 2 dB.
- **Altura de ant.:** 1.5 m.
- **Potencia de ruido (KTBF y Ruido de fondo):** ambos iguales a -100 dB.
- **Umbral de campo:** 35 dBu.

Los parámetros que nos quedan están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 6-3: Perfiles de los servicios.

Tipo de servicio	Tasa de servicio DL (kbps)	Tasa de servicio UL (kbps)	Eb/N0 en DL y UL (dB)	Ec/I0 en DL y UL (dB)	Umbral DL (dBm)	Pot. Tx (W)	Rango dinámico (dB)	Actividad(%)
Voz	12.2	12.2	5	-14	-100	0.125	60	5
Datos	384	128	7	33				33

Ver los ajustes en la siguiente figura:

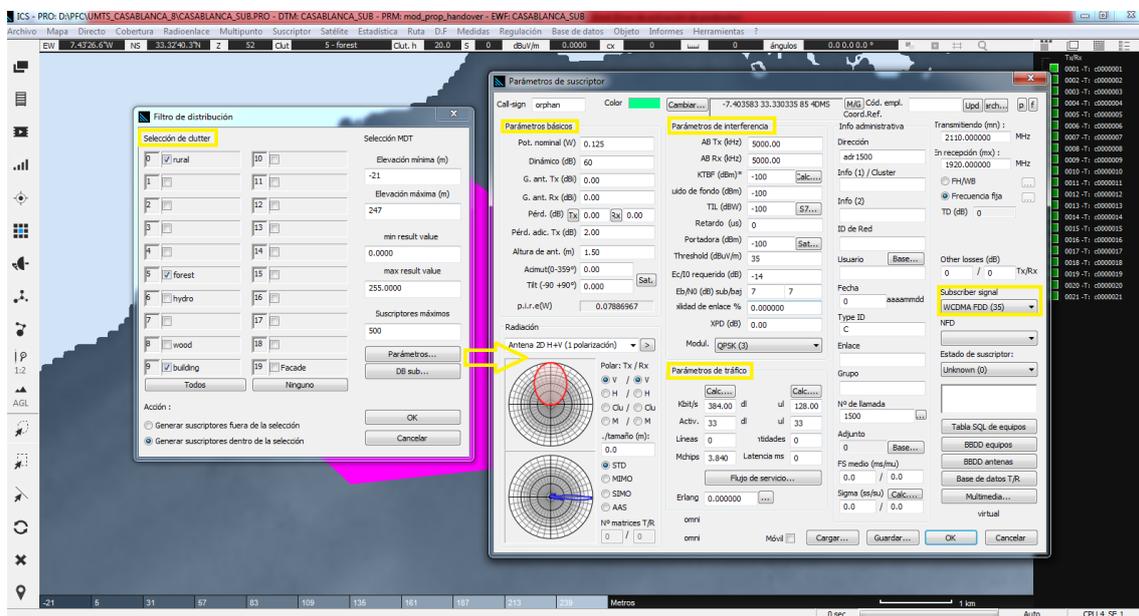


Figura 6-26: Parámetros técnicos de los terminales (suscriptores).

Guardamos los parámetros técnicos de cada servicio, el primero con el nombre Voz de extensión *.trx, y el segundo con el nombre Datos de extensión *.trx.

Para cargar los tipos de suscriptores, dirigimos al botón **Parámetros...** de la ventana **Filtro de distribución** y pulsamos a **Cargar**, seleccionamos el fichero Voz y pinchamos **OK**, hagamos por la misma manera para el otro tipo de suscriptores (suscriptores de datos).

Para consultar la base de datos de los suscriptores está disponible en el menú **Base de datos** → **Base de datos de suscriptores** → **Administrador de base de datos de suscriptores**.

Registro	Huérfano	Cassign	Dirección	Cluster	Rad power	Ganancia	Frec. Tx	Frec. Rx	Sat.	Erlang	Kbit/s	C/I	Color	Estado	Margen	Disponibilidad
1	F-Sí	orphan	adr1		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
2	F-Sí	orphan	adr2		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
3	F-Sí	orphan	adr3		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
4	F-Sí	orphan	adr4		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
5	F-Sí	orphan	adr5		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
6	F-Sí	orphan	adr6		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
7	F-Sí	orphan	adr7		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
8	F-Sí	orphan	adr8		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
9	F-Sí	orphan	adr9		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
10	F-Sí	orphan	adr10		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
11	F-Sí	orphan	adr11		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
12	F-Sí	orphan	adr12		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
13	F-Sí	orphan	adr13		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
14	F-Sí	orphan	adr14		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
15	F-Sí	orphan	adr15		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
16	F-Sí	orphan	adr16		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000
17	F-Sí	orphan	adr17		0.07886...	0.00	2110....	1920....	0	0.00	12...	0	9	Des...	0	0.000000

Figura 6-27: Base de datos de los suscriptores.

Distribución de los suscriptores en el mapa:

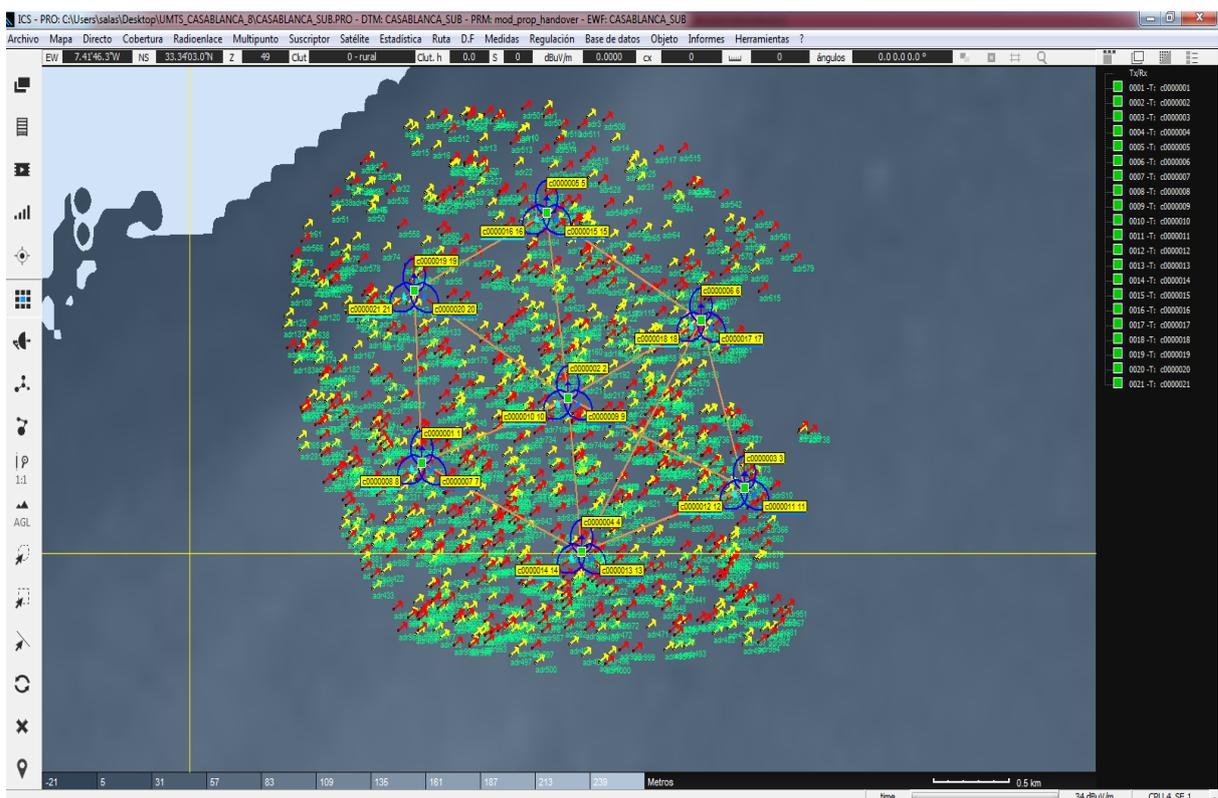


Figura 6-28: Distribución de abonados en la zona de cobertura.

Podemos distinguir a los abonados según el servicio, en rojo son los suscriptores con servicio de datos y amarillo son los de Voz.

Ahora vamos a asociar cada abonado a al nodo B más cercana, con la ayuda la herramienta de Emparentamiento de ICS Telecom. Dirigimos al menú *Subscriber* → *Emparentamiento* → *Emparentamiento (Ec/I0 - Eb/N0)....*, se despliega un cuadro donde vamos a usar la alternativa *Conectar al mejor servidor WCDMA*, que aparte de la calidad del canal piloto (RSCP+Ec/I0) considera la relación Eb/N0 para el servicio demandado por el subscriber.

Entonces en este caso configuramos el mecanismo de control de potencia de los terminales. Fijamos la opción *Ajustar potencia de subscriber a portadora*, de manera que durante el proceso de emparejamiento se varíe la potencia de transmisión del subscriber para producir el mismo nivel en el receptor de la estación base emparentada. Este nivel se estableció en **-100 dBm** en los parámetros técnicos de todas las estaciones. Para permitir la reducción de la potencia transmitida por los subscribers, activamos la opción *-dyna y 1 dB de paso*.

Para la comprobación de Eb/No primero debe realizar el emparejamiento por relación Ec/Io. Para ello, activamos la opción *Realizar emparejamiento* y seleccione *Modo iterativo con 3 iteraciones*. Se considerará una ganancia por control de potencia de 0 dB y un *umbral de recepción de +34 dBu*, equivalente a -110 dBm de potencia a 2100 MHz. vemos la configuración en la siguiente figura:

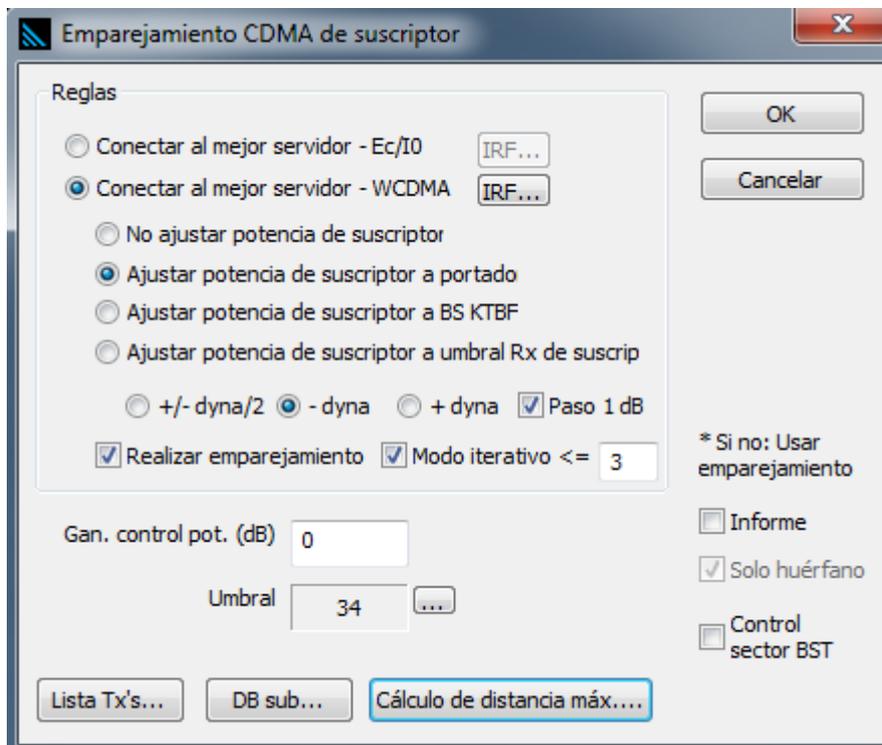


Figura 6-29: Ventana de Emparentamiento CDMA de subscribers.

La configuración de las características de filtrado del receptor IRF. *Atenuación 0dB* para el canal común activando $N = 0$ en la máscara de factores de rechazo de interferencia. Se activará también la opción *Ponderación fact. actividad*, que permite reducir la interferencia de cada suscriptor según su actividad, en una cantidad dada por la fórmula $IRF - 10 \cdot \log(activ.)$. Ver figura siguiente:

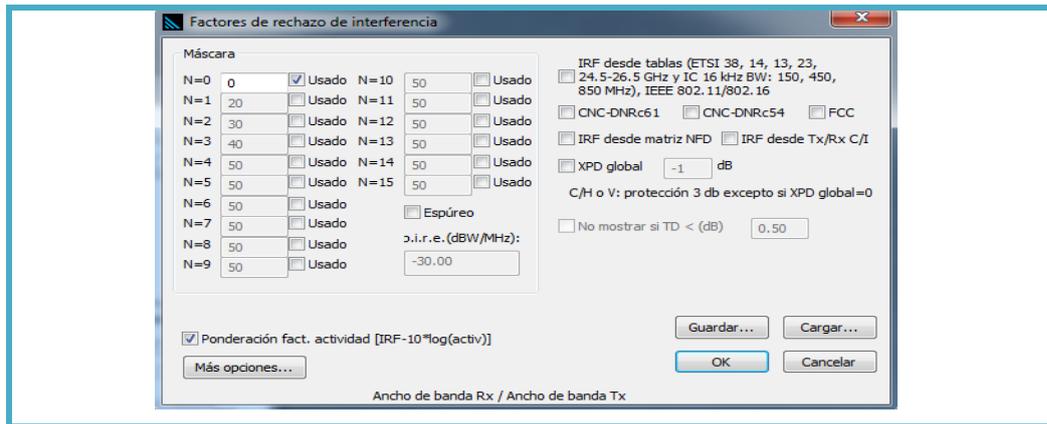


Figura 6-30: Despliegue de pestaña IRF de la ventana Emparentamiento CDMA.

Al finalizar la configuración lanzamos la simulación con el botón **Ok**. Se mostrará un informe que contiene las estadísticas de emparejamiento por cada transmisor, ver el informe siguiente:



Figura 6-31: Informe de emparejamiento de suscriptores.

En este informe nos da el porcentaje de los subscriptores emparejados, y como vemos en el informe que han emparejando 450 subscriptor de 1000 subscriptores, un porcentaje de 45%.

Otra información que podemos sacar del informe que la estación número siete tiene mayor subscriptores del resto de las estaciones y la diecisiete el menor. Esto depende de la distribución de los subscriptores en la zona.

Para sacar información sobre los subscriptores que están conectados o consultamos la base de datos de los subscriptores. Dirijamos *a Base de datos* → *Base de datos de subscriptores* → *Administrador de base de datos de subscriptores*, se despliega un cuadro que nos da informaciones sobre su potencia, la estación a la que está conectado...etc. Los subscriptores que no están conectados se indican como “huérfanos” (orphan).

▪ **Análisis Montecarlo:**

Este tipo de análisis permite realizar una simulación estadística de la actividad de la red en condiciones realistas de carga. Cuando se ejecuta, la actividad de los subscriptores se extiende aleatoriamente por la población de usuarios de acuerdo con rangos especificados.

Dirigimos al menú *Subscriber* → *Tráfico* → *Actividad de red 3G...*, se despliega un cuadro donde vamos a meter la siguiente configuración:

- **Modo de simulación:** Min/Max aleatorio
- **Min actividad:** 0.01
- **Max actividad:** 1
- **Nº pasadas:** 10
- **Gan. Control pot. :**0 dB
- **Umbral:** 34

Ver los ajustes en la figura siguiente:

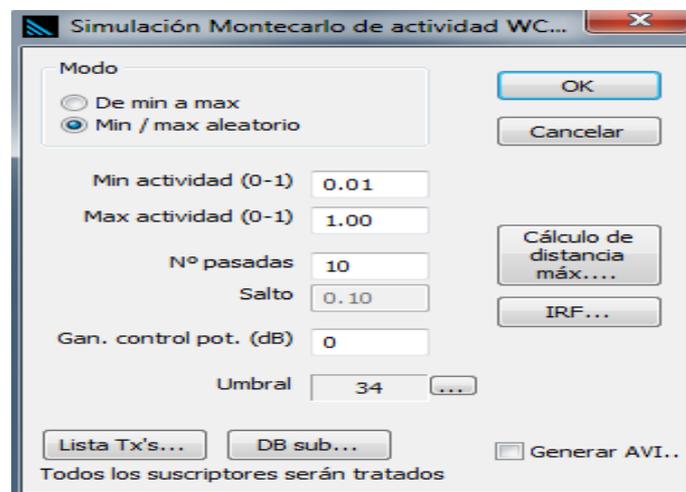
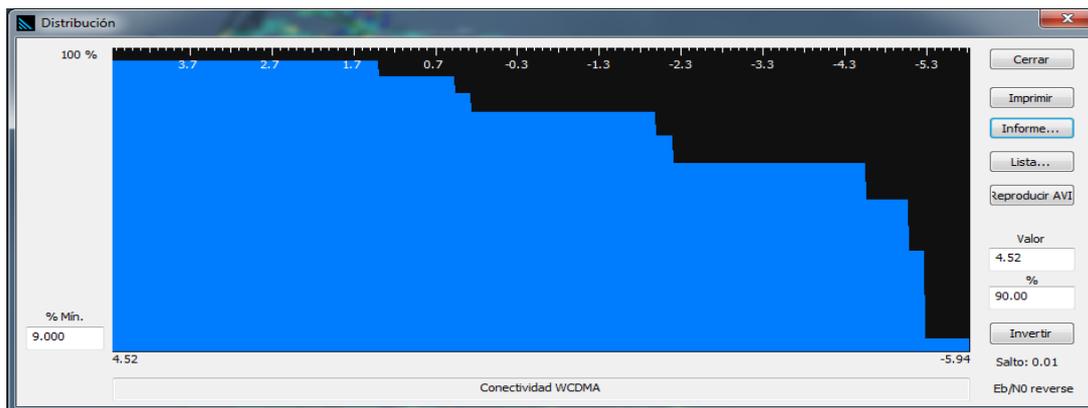


Figura 6-32: Configuración de la simulación de Montecarlo.

Cuando lanzamos la simulación se inicia con el proceso de emparejamiento por relación E_c/I_0 . Acto seguido se realizan las iteraciones, cuyos resultados dependen de la capacidad de los nodos B, de la demanda de tráfico y de la actividad de los subscriptores.

Al finalizar la simulación se obtiene una distribución estadística en cuyo eje horizontal se representa la relación E_b/N_0 y en el eje vertical la relación entre el número de conexiones que cumplen el umbral E_b/N_0 especificado entre aquellas que sólo cumplen el umbral E_c/I_0 .

En la siguiente figura se resume los resultados de cada iteración:



Actividad WCDMA

Paso	Nº. sub (E_c/I_0)	Nº. sub (E_b/N_0)	P_c	E_b/N_0 media
1	796	183	22.99	-5.94
2	776	172	22.16	-5.19
3	369	94	25.47	-2.31
4	632	150	23.73	-4.67
5	200	68	34.00	0.36
6	312	94	30.13	0.16
7	784	181	23.09	-5.39
8	94	42	44.68	4.52
9	220	96	43.64	1.29
10	314	83	26.43	-2.10

Figura 6-33: Grafica e Informe de simulación Montecarlo.

En las 10 iteraciones podemos ver las conexiones (número de subscriptores emparejados) que cumplen el umbral E_c/I_0 y el E_b/N_0 especificado.

Podemos también consultar la base de datos de los subscriptores activos que cumplen el criterio de emparejamiento basado en la relación E_c/I_0 y son los subscriptores que se mostraran en el mapa.

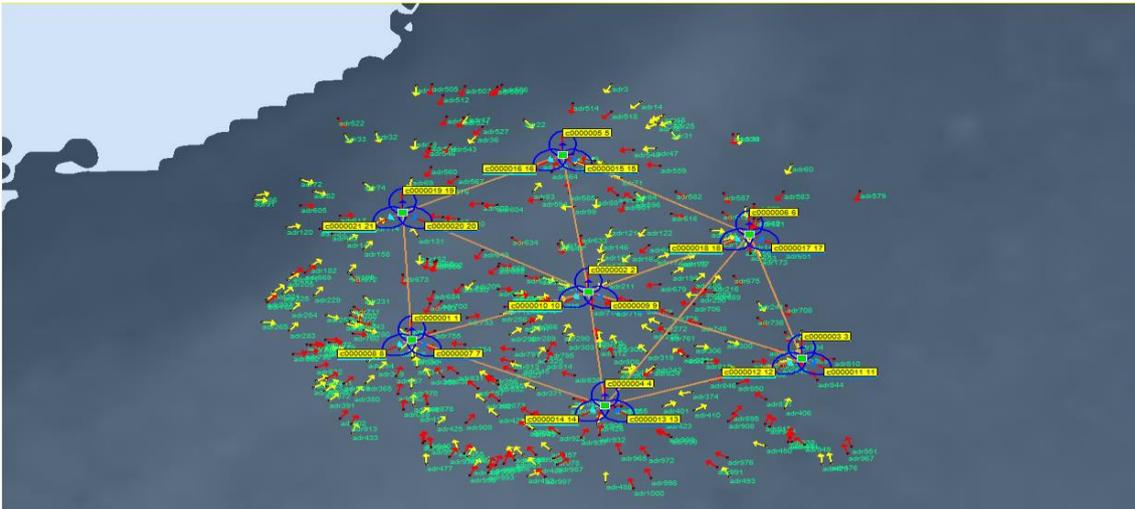


Figura 6-34: Suscriptores activos tras la simulación Montecarlo.

BD suscriptor: Suscriptores_colores

Registro	Huérfano	Callsign	Dirección	Cluster	Rad power	Ganancia	Frec. Tx	Frec. Rx	Sat.	Erlang	Kbit/s	C/I	Color	Estado	Margen	Disponibilidad	C
19	F-Sí	orphan	adr19		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
20	F-No	c000...	adr20		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
21	F-No	c000...	adr21		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
22	F-No	c000...	adr22		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
23	F-No	c000...	adr23		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
24	F-No	c000...	adr24		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
25	F-No	c000...	adr25		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
26	F-No	c000...	adr26		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
27	F-No	c000...	adr27		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
28	F-No	c000...	adr28		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
29	F-No	c000...	adr29		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
30	F-No	c000...	adr30		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
31	F-No	c000...	adr31		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
32	F-No	c000...	adr32		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
33	F-No	c000...	adr33		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
34	F-No	c000...	adr34		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0
35	F-No	c000...	adr35		0.07886...	0.00	1920....	2110....	0	0.00	12...	0	7	Des...	0	0.000000	0

343 / 1000 selected

1000 / 1000

Botones de acción: Seleccionar todo, Seleccionar..., Sel. desde lista, Seleccionar aleatoriamente, Deseleccionar, Borrar, Filtrar, Ocultar, View all, Cambiar tech., Cambiar gen., Cambiar ant., Change traffic, Cargar TRX..., Añadir suscriptor, Duplicar, Mover, Copiar (DB), SQL, Convertir a T/R, Vector, Imprimir objetos, Lista..., Multi-tray, Buscar..., Ir a registro, Resetear, Refrescar, Verificar parent, Set to orphan, Parar, Cerrar.

Figura 6-35: BBDD de los Suscriptores emparejados que cumplen el umbral Ec/Io (En gris).

Una vez realizada la simulación de Montecarlo, realizamos un estudio de cobertura desde los suscriptores, **Suscriptores** → **Cálculo de cobertura...** ver figura:

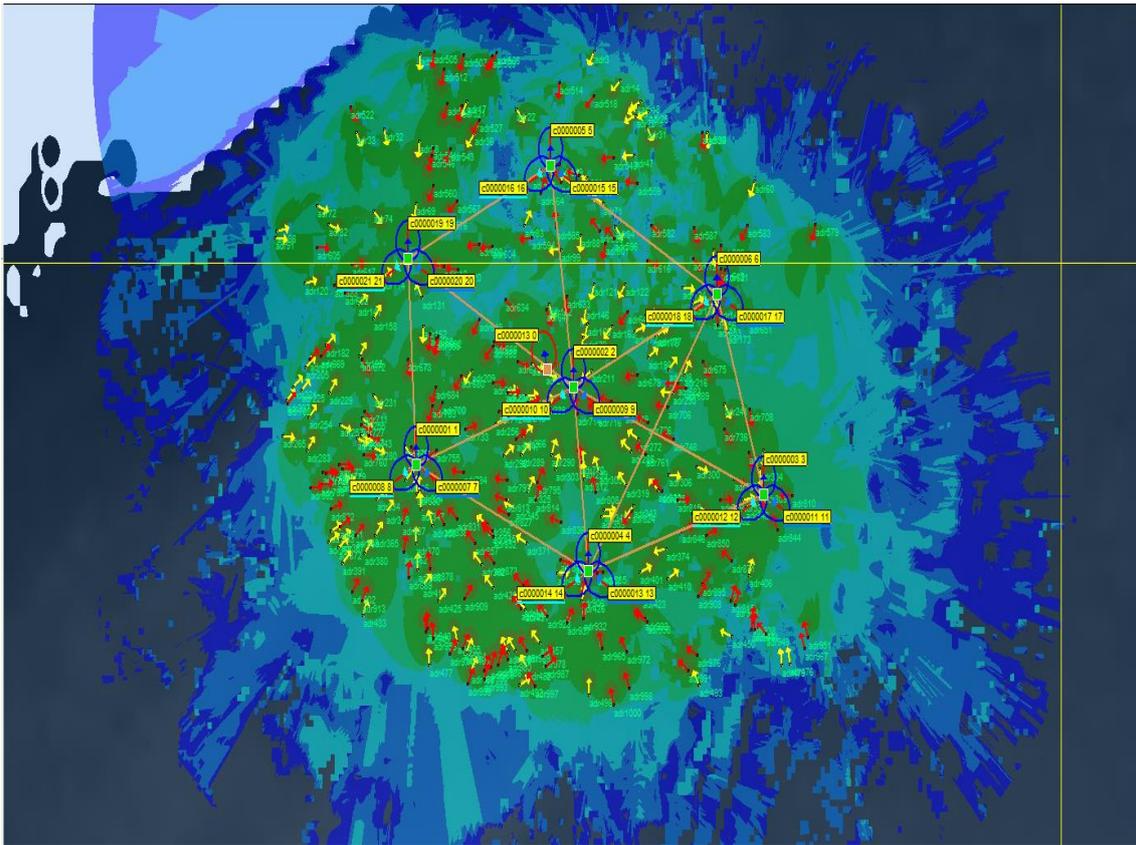


Figura 6-36: Simulación de cobertura desde los subscriptores.

Observamos de la figura, que aparecen solo los subscriptores emparejados anteriormente de los dos servicios de Datos y de Voz. Vemos en la figura siguiente unos de los subscriptores que están emparejados en la base de datos (figura 6-35 elementos seleccionados en gris) y también aparecen en la siguiente figura:

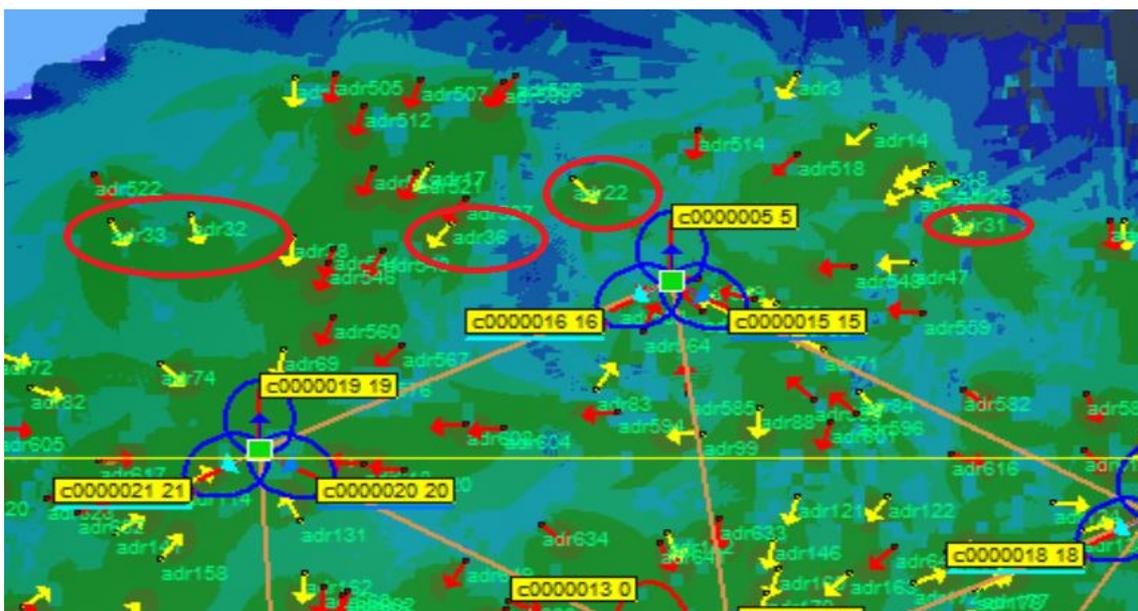


Figura 6-37: Subscriptores emparejados.

6-2-7 Planificación de vecindades:

Para el estudio de Handover en el programa ICS Telecom dirigimos al **menú Cobertura** → **Handover** → **Cálculo de vecinos...**, configuramos las siguientes opciones en el cuadro que se despliega:

- **Margen Handover 3G:** 3dB.
- **Vecinos candidatos:** seleccionamos Estaciones activas.
- **Reglas:**
 - Activamos **Tx con el mismo cod. de emplaz. Son vecinos.**
 - **Mínimum Handover surface:** 0.5 km².
 - **Distancia Max entre estaciones:** 1500 m.
 - Activamos la opción **Orden según los vecinos más cercanos.**
- **Opciones:**
 - **Umbral RSCP :** -120 dBm
 - Desactive las opciones **Check Ec/I0** y **Check RSRQ.**
 - **Nivel de ruido KTBF :** -100 dB
 - **G. Rx :** 0 dB

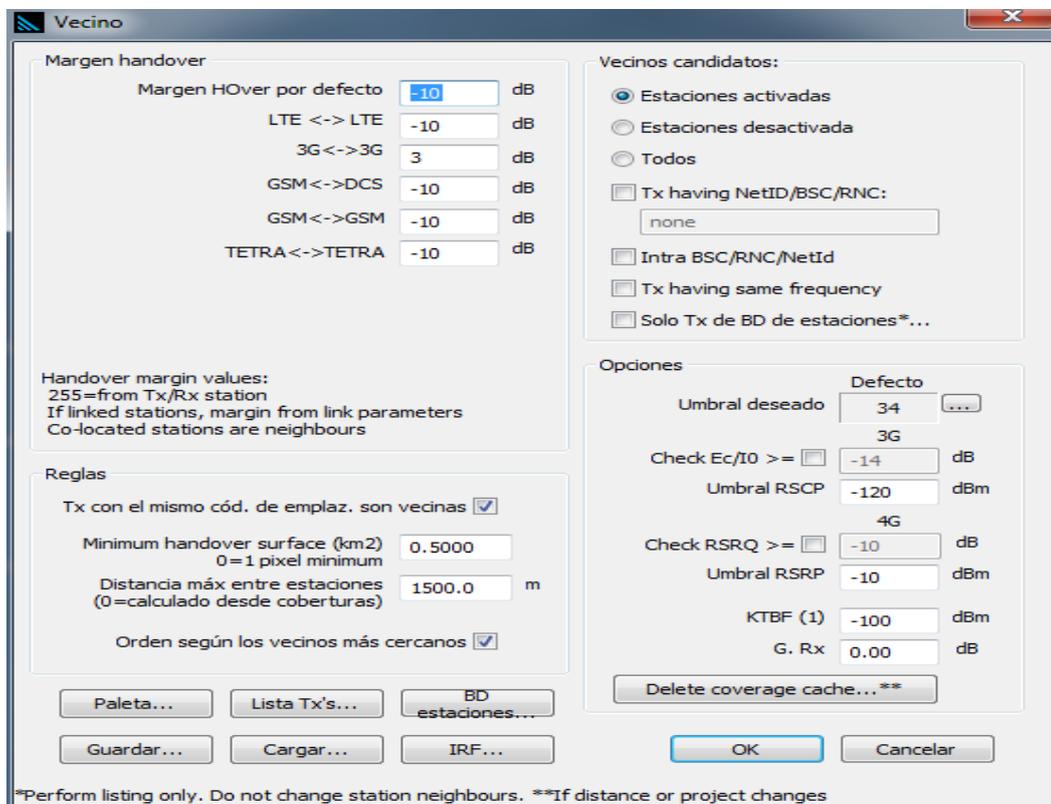


Figura 6-38: Configuración de la planificación de vecindad.

Una vez se termina la simulación, abrimos el informe a través del menú **Cobertura** → **Handover** → **Lista de vecinos....**

Status	Callsign	Status	Callsign	Status	Callsign	Status	Callsign
Reference	c0000001	Reference	c0000002	Reference	c0000003	Reference	c0000004
Neighbour	c0000007	Neighbour	c0000009	Neighbour	c0000011	Neighbour	c0000013
Neighbour	c0000008	Neighbour	c0000010	Neighbour	c0000012	Neighbour	c0000014
Neighbour	c0000002	Neighbour	c0000004	Neighbour	c0000006	Neighbour	c0000002
Neighbour	c0000009	Neighbour	c0000013	Neighbour	c0000017	Neighbour	c0000009
Neighbour	c0000010	Neighbour	c0000014	Neighbour	c0000018	Neighbour	c0000010
Neighbour	c0000019	Neighbour	c0000001	Neighbour	c0000004	Neighbour	c0000001
Neighbour	c0000020	Neighbour	c0000005	Neighbour	c0000013	Neighbour	c0000003
Neighbour	c0000021	Neighbour	c0000006	Neighbour	c0000014	Neighbour	c0000007
Neighbour	c0000004	Neighbour	c0000007	Neighbour	c0000002	Neighbour	c0000008
Neighbour	c0000013	Neighbour	c0000008	Neighbour	c0000009	Neighbour	c0000011
Neighbour	c0000014	Neighbour	c0000015	Neighbour	c0000010	Neighbour	c0000012
		Neighbour	c0000016			Neighbour	c0000006
		Neighbour	c0000017			Neighbour	c0000017
		Neighbour	c0000018			Neighbour	c0000018
		Neighbour	c0000019				
		Neighbour	c0000020				
		Neighbour	c0000021				
		Neighbour	c0000003				
		Neighbour	c0000011				
		Neighbour	c0000012				

Figura 6-39: Parte del informe de planificación de vecindad.

Como vemos en la figura 6-39 cada Referencia (una antena) tiene un número de vecinos (neighbour) que cumplen la relación de vecindad.

Hay también otra opción para mostrar la red de vecindad en cada antena, dirigimos a **Parámetros** de la antena y la pestaña **Avanzado**, tecleamos los puntos [...] en la opción lista de vecinos, ver figura siguiente:

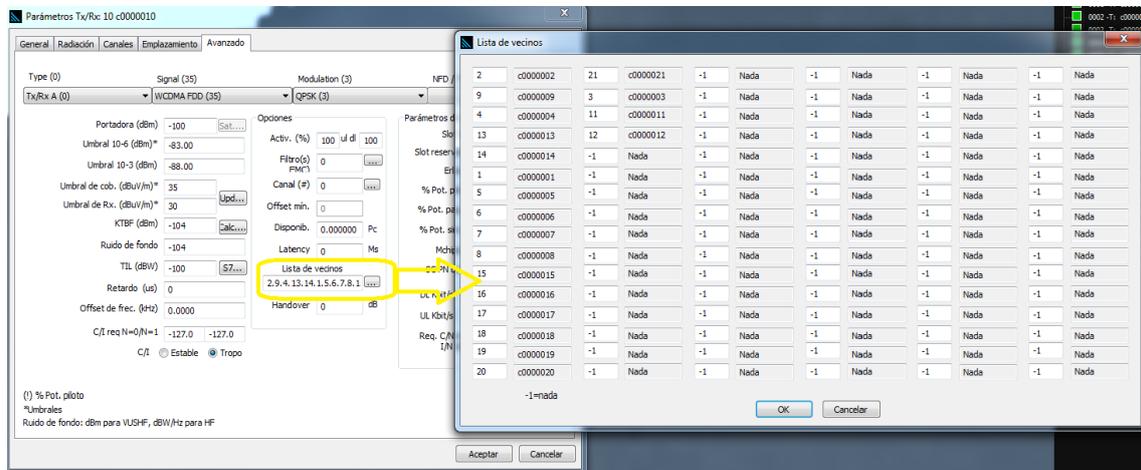


Figura 6-40: Lista de vecindad por antena.

6-2-8 Asignación de código de aleatorización:

En esta parte vamos a generar los códigos de aleatorización SC, para evitar que las células vecinas de no usar los mismos códigos. Dirijamos al menú **Cobertura** → **Planificación de red** → **Códigos 3G SC**, se despliega un cuadro en la parte de izquierda (Assignment from neighbours), activamos la opción **Maximize SC code usage** y dejamos los valores que aparecen defecto. Si no activamos esa opción, los códigos se repetirán entre sectores que no tienen una relación de vecindad ver figura siguiente:

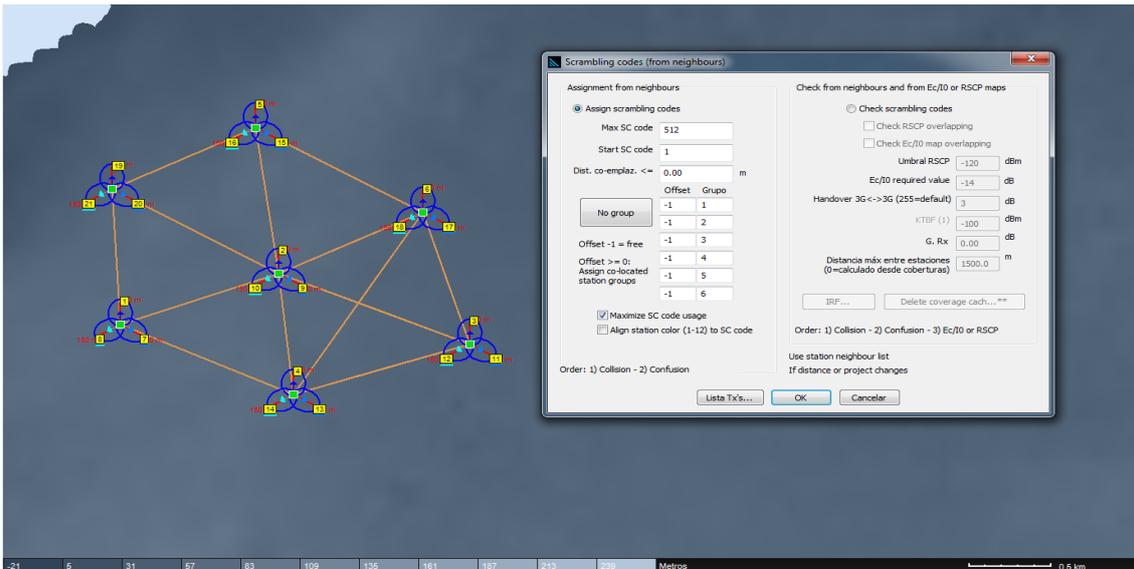


Figura 6-41: Asignación de códigos de aleatorización.

Activamos en propiedad de objetos la opción **PN Code**, y dirijamos en la pestaña **Avanzado** de **Parámetros** de antena para ver el SC de cada antena, ver figura siguiente:

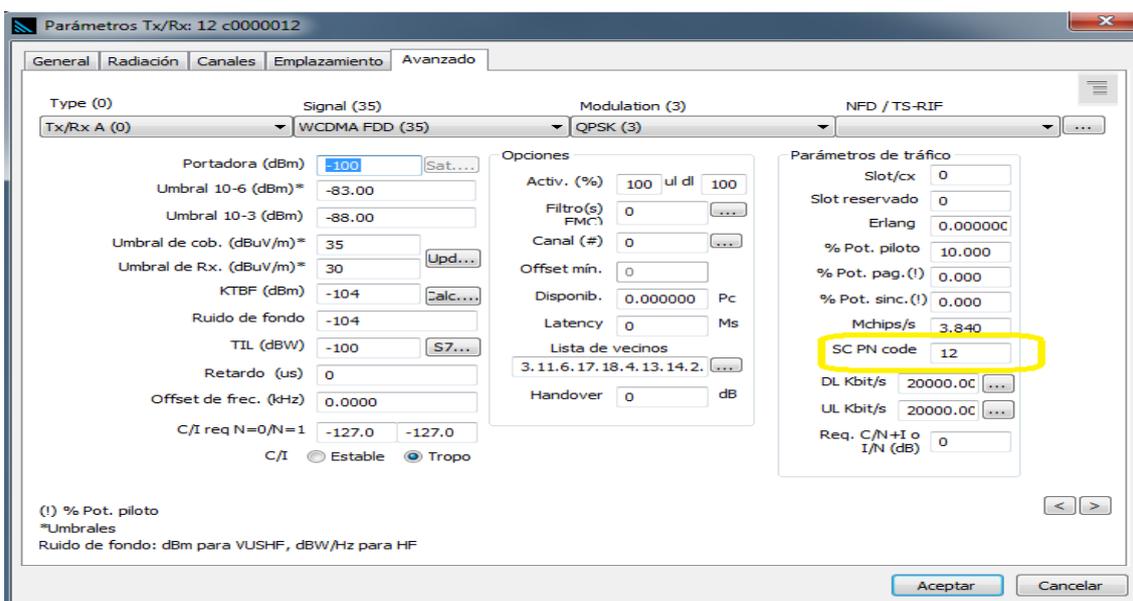


Figura 6-42: Código de aleatorización de una antena.

Conclusión:

En este capítulo hemos presentado un caso práctico de planificación de una zona geográfica siguiendo las etapas para planificar una red UMTS, y esto nos ha permitido aplicar las nociones teóricas esenciales. Para verificar el estado de la red según las normas, hemos basado a informes sacados durante los estudios prácticos en el programa ICS Telecom para garantizar el funcionamiento y el mejor rendimiento de la red.

Conclusión:

La planificación y la optimización de una red UMTS condiciona en gran medida el rendimiento que se puede obtener en cuanto la cobertura total por la zona, por celda y a número de abonados conectados en la red. Y por esto he tenido que empezar por la profundización de mis conocimientos sobre el tema a través de diversos documentos presupuestos por el tutor y por búsqueda personal.

Por otro lado, he familiarizado con diferentes Softwares para la planificación y la optimización de la red UMTS como el MAP SERVER que nos ayuda a generar mapas de cualquier zona del mapa mundial de diferentes resoluciones de imagen, e ICS Telecom que es una herramienta necesaria para estudiar la planificación y la optimización de la red UMTS.

En este proyecto se planifico una red 3G estudiando los factores principales para planificar una zona que son cobertura, interferencias, y abonados, realizando distintas simulaciones y predicciones disponibles en ICS Telecom.

Por tanto, después de tener acumulados los conceptos teóricos, debe completar con un estudio práctico. Así he hecho la planificación a una zona de la ciudad de Casablanca y esto me ha permitido de realizar diferentes estudios y pruebas para garantizar la cobertura y el bien funcionamiento de la red. Entonces después de finalizar la simulación del caso he concluido que las interferencias es un factor muy importante y que afecta mucho a la cobertura y la calidad del servicio como la relación señal interferencias es un indicador de calidad de la red de telefonía móvil utilizado para la planificación de la red. También hay otro factor que afecta al tráfico de la red que es el abonado en la zona según su distribución y su número.

Este proyecto he sido muy formativo para mí, y un complemento para mis estudios y precisamente para mi especialidad de señales y radiocomunicaciones, porque me permitió practicar mis conocimientos teóricos, demuestra varias cualidades necesarias para el trabajo de un ingeniero de telecomunicaciones.

ANEXOS:

Anexo A: El control de potencia

El control de potencia es la técnica más importante que se utiliza para los sistemas WCDMA conocidas por su sensibilidad a la interferencia debido a que muchos usuarios comparten la misma banda de frecuencia.

El control de potencia nos permite de ajustar la potencia de la estación base y el móvil para garantizar la buena calidad con una mínima potencia de transmisión, que también reduce la interferencia entre los UE y remediar los problemas de “Near-Far-Effect”.

En UMTS, hay dos tipos de control de potencia que funcionan en paralelo. El primer tipo es el control de potencia de bucle abierto que se aplica durante el acceso a la red inicial. El segundo es de bucle cerrado que ajusta la potencia de una forma dinámica y rápida a lo largo de la conexión.

1-1 Control de potencia en bucle abierto (Open Loop Power Control):

El control de potencia en bucle abierto se usa en el enlace ascendente. La UE considera el debilitamiento de la ruta midiendo las señales del canal en el enlace descendente y después calcula la potencia de transmisión del canal en el enlace ascendente. Se aplica a los canales DPCCH y PRACH.

La UE continúa enviando preámbulos del RNC hasta recibir un AICH (asentimiento) con indicación positiva. Y cada vez la UE aumenta la potencia del preámbulo.

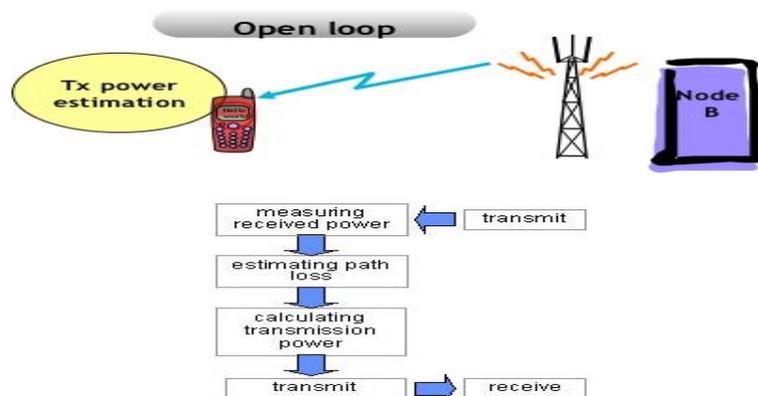


Figura A-1: Control de potencia en bucle abierto.

1-2 Control de potencia en bucle cerrado (Closed Loop Power Control):

El bucle cerrado de control de potencia se divide en dos clases, internos y externos.

1-1-1 Control de potencia en bucle interno:

Este mecanismo se aplica a los canales dedicado DPCCH y DPDCH.

- **En el enlace ascendente:**

El nodo B mide el SIR y lo compare con el SIR_{tar} si:

- SIR_{mea} > SIR_{tar} : gestiona TPC=0
- SIR_{mea} < SIR_{tar} : gestiona TPC=1

Este parámetro se emite al transmisor en el campo de TPC del DPCCH.

A partir de TPC se genera otro parámetro CMD-TPC para ajustar la potencia de acuerdo con la relación:

$$\Delta\text{DPCCH} = \Delta\text{tpc} \times \text{TPC-cmd}$$

Δtpc es el paso de ajuste que puede ser 1 dB o 2dB siguiendo el algoritmo utilizado

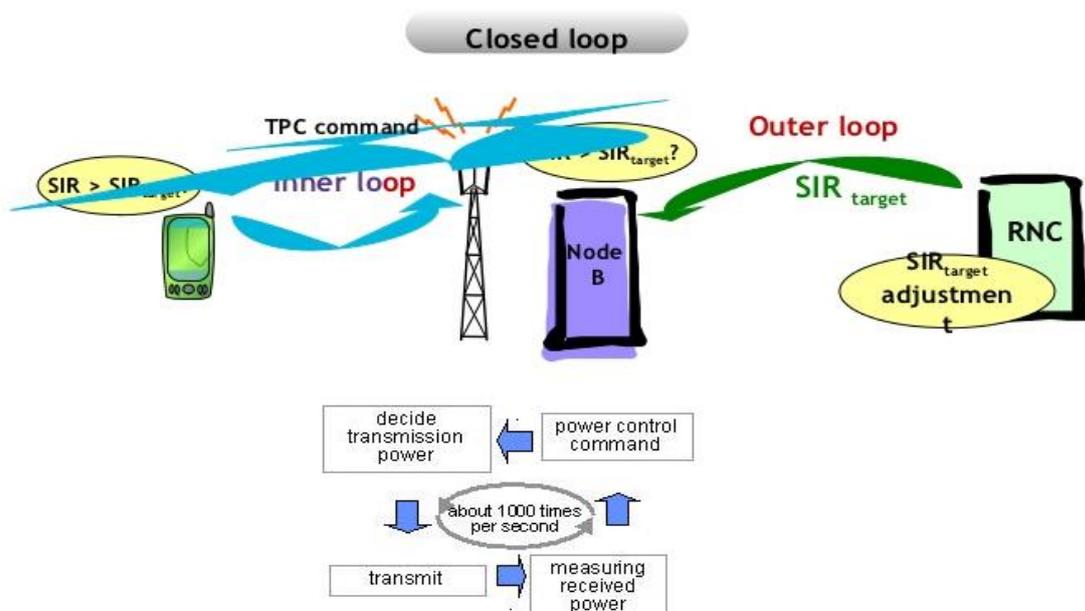


Figura A-2: Control de potencia en bucle cerrado.

- **En el enlace descendente:**

Se realiza el mismo procedimiento pero las medidas son a nivel de UE.

La UE genera comandos de PC para controlar la potencia mediante el envío en el canal DPCCH, pero primero debe comprobar el modo del enlace descendente.

- Si DPC_MODE = 0: UE envía un TPC por slot.
- Si DPC_MODE = 1: UE repite el mismo TPC en tres slots cuando se degrada la señal.

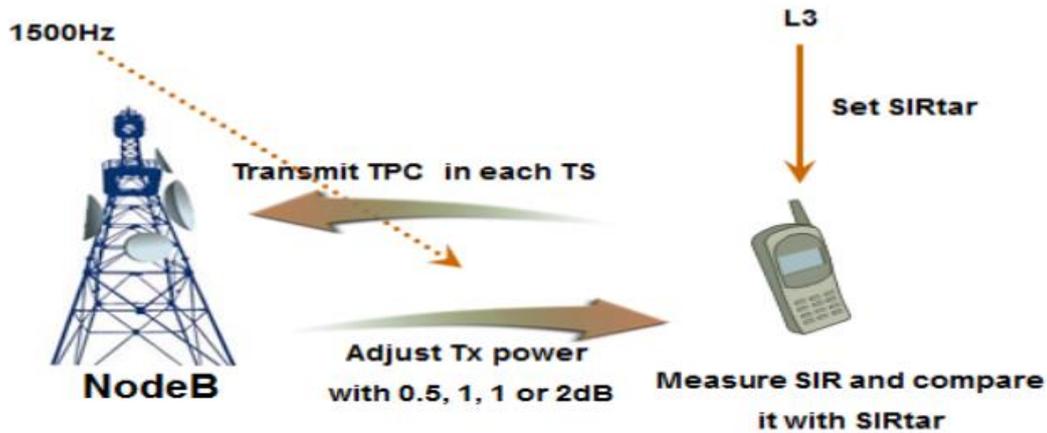


Figura A-3: El mecanismo de control de potencia en bucle interno en DL.

1-1-2 Control de potencia en bucle externo:

Se utiliza para ajustar el SIRTarg tras el cambio de BLER (Block Error Rate) después de la codificación.

- Si $BLER_{meas} > BLER_{tar}$ => aumentar el SIRTarg.
- Si $BLER_{meas} < BLER_{tar}$ => disminuir el SIRTarg.

Se aplica solamente a los canales dedicados para el enlace ascendente:

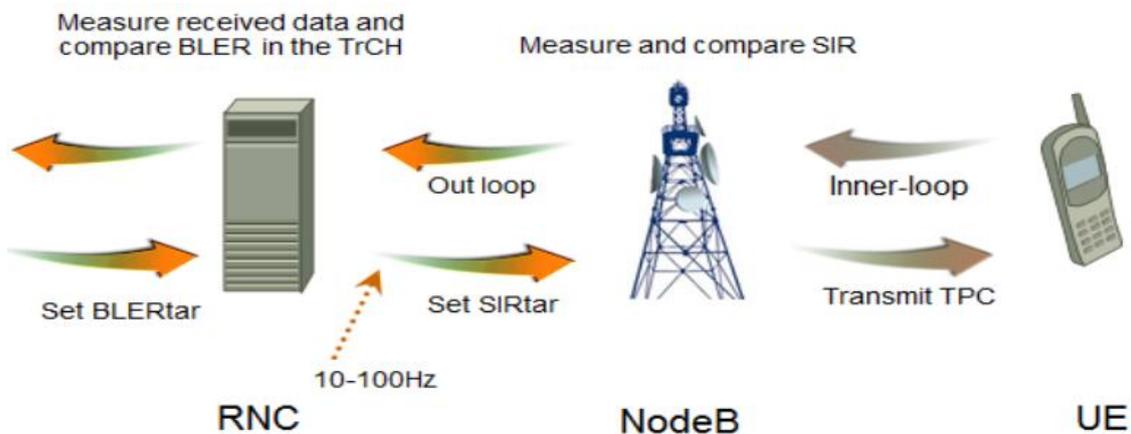


Figura A-4: El mecanismo de control de potencia en bucle externo en DL.

Anexo B: Handover

2-1 El concepto del Handover:

El traspaso es un mecanismo muy interesante en un sistema de telecomunicaciones móviles, que juega un papel fundamental en las redes WCDMA, que permite implementar una cobertura sin fallos y mejorar la calidad de la comunicación.

El proceso consiste en que un terminal móvil para mantener la llamada en curso, durante su desplazamiento cuando se requiere cambiar la célula. La red debe garantizar el pasaje más eficiente entre la antigua y la nueva célula.

El móvil debe ser capaz de:

- Medir la calidad de la comunicación (enlace DL).
- De hacer medidas de potencia en las células vecinas.
- Cargar los informes de medición a la red (ya sea periódicamente o a petición).

La red debe ser capaz de:

- Conocer la calidad de la comunicación en el sentido de UL
- Conocer el nivel de potencia del enlace UL.
- Analizar los informes de medición y decidir si es el momento de decir al móvil para realizar el Handover [4]

2-2 Clasificación de Handover:

En UMTS, el traspaso contiene Soft Handover y Hard Handover. El Soft Handover se divide en Soft Handover y Softer Handover y el Hard Handover a su vez se divide en intra-frecuencia, inter-frecuencia Handover e inter-RAT Handover.

2-1-1 Soft-Softer Handover:

Durante el Soft Handover, el terminal móvil se encuentra en el área de cobertura común de dos nodos B. La comunicación entre el terminal móvil y el Nodo B utiliza simultáneamente dos canales de radio, uno para cada nodo B. En este caso las señales recibidas por el Nodo B se encaminan y combinan en el RNC. Esto permite que el RNC a seleccionar la mejor trama recibida. Este procedimiento reduce la tasa de fallos del traspaso a los bordes de las células, ya que se realiza sin interrupción de la comunicación y mejora significativamente la calidad de la señal.

El lanzamiento de este tipo de traspaso se basa en mediciones realizadas por el móvil sobre los canales pilotos de diferentes estaciones base.

El Softer Handover es la situación en la que sólo una estación base recibe señales de un solo usuario a partir de dos sectores que sirve. Las comunicaciones con el nodo B prestan

simultáneamente dos canales de radio, uno para cada sector. Las señales procedentes del terminal son recibidas por los dos sectores del Nodo B y se encaminan al mismo receptor de Rake. Las señales se combinan así en el Nodo B.

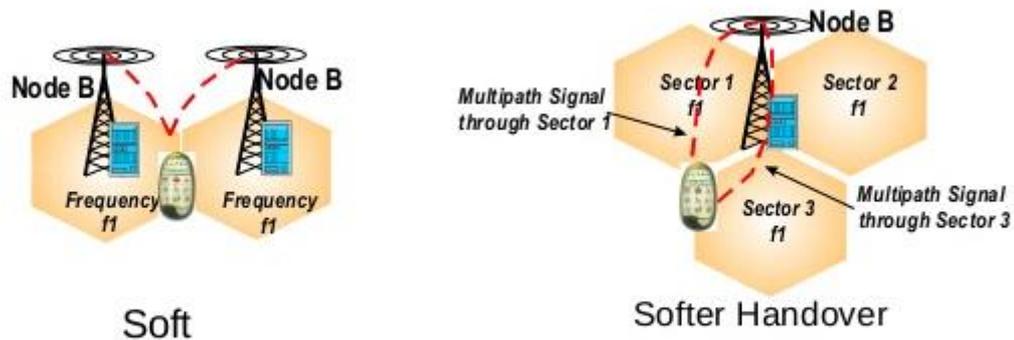


Figura A-5: Mecanismo de Soft/Softer Handover en la red UMTS [7].

2-1-2 Hard Handover:

El Hard Handover se produce cuando la UE libera el enlace de la radio origen, y establece un nuevo, causando una interrupción temporal de la comunicación. El Hard Handover se divide en el Handover intra-frecuencia, enter-frecuencias y enter-sistemas Handover [5].

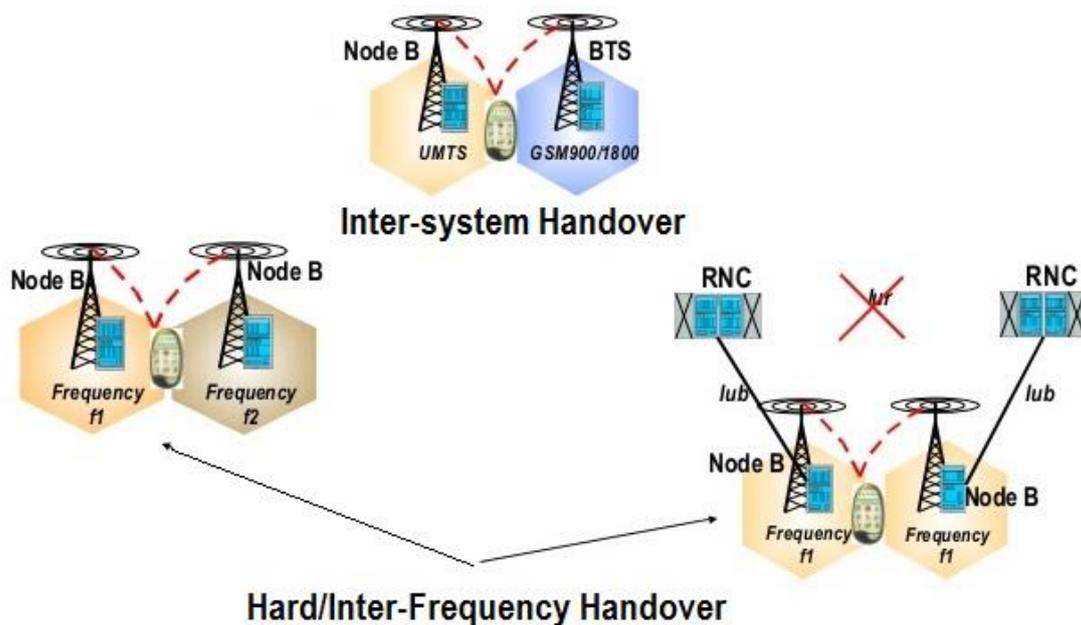


Figura A-6: Mecanismo de Hard Handover en la UMTS [7].

Bibliografías

- [1] Lescuyer, Pierre. *UMTS: Les origines, l'architecture, la norme*. Paris: Dunod, 2001. 2-10-005195-4
- [2] Especificaciones técnicas de la UMTS: 3GPP TS 25.401 version 3.4.0 Release 1999
- [3] Especificaciones técnicas de la UMTS: ETSI TS 25.401 version 3.4.0 Release 1999
- [4] Documentación Control de Potencia-HUAWEI
- [5] <http://cordis.europa.eu/infowin/acts/rus/impacts/mobile.htm>
- [6] Benoit BARRAQU. *Avantages de l'UMTS et l'état actuel de son déploiement dans le monde*. Lyon 2004-2005, pp 08
- [7] NOKIA Siemens Network. UMTS Radio Path and Transmission 09/20/1007, pp 25-44
- [8] Apuntes de Comunicaciones Móviles Digitales, Universidad Politécnica Madrid
- [9] <http://www.telecomhall.com/es/que-es-ecio-y-ebno.aspx>
- [10] <http://www.atdi.com/ics-telecom/>

