

INDICE GENERAL

1. BLOQUE: SUBSISTEMA DE RED	6
1.1. DEFINICION Y NOMENCLATURA DE UN RADIOENLACE	6
1.2. ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE	7
1.2.1. INFRAESTRUCTURA DE UN RADIOENLACE	8
1.2.1.1. EMPLAZAMIENTO	8
1.2.1.1.1. URBANOS	9
1.2.1.1.2. RURALES	10
1.2.1.1.3. RESTRINGIDOS	11
1.2.1.1.4. NO RESTRINGIDOS	11
1.2.1.2. CASETA	11
1.2.1.3. AIRES ACONDICIONADOS	12
1.2.1.4. BATERIAS	13
1.2.1.5. CUADRO ELECTRICO	14
1.2.1.6. CUADRO DE FUERZA Y RECTIFICADORES	14
1.2.1.7. GRUPOS ELECTROGENOS	15
1.2.1.8. PANEL DE ALARMAS	15
1.2.1.9. BALIZA TORRE	16
1.2.1.10. PUESTA A TIERRA	16
1.2.1.11. TORRE	16
1.2.1.3. EL RADIOENLACE	17
1.3.1. FRECUENCIAS DEL RADIOENLACE	19
1.3.2. ANCHO DE BANDA Y MODULACION DEL RADIOENLACE	20
1.3.3. JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA: PDH	21
1.3.3.1. JERARQUIA EUROPEA: E1	21
1.3.3.2. RADIOENLACE SRAL DE SIEMENS	22
1.3.3.2.1. IDU	22
1.3.3.2.2. ODU	23
1.3.4. JERARQUIA DIGITAL SINCRONA: SDH	23
1.3.4.1. ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1	24
1.3.4.2. RADIOENLACE SRA3 DE SIEMENS	24
1.3.5. EL RADIOENALCE ETHERNET: DIGLINK24870	26
1.4. ARQUITECTURA DE UNA RED GSM	26
1.4.1. TRAU: Trasncoding and Rate Adapter Unit	27
1.4.2. BSC: Base Station Controller	28
1.4.3. BTSE: Base Transceiver equipement	28
1.4.4. INTERFAZ ABIS	28
1.4.5. INTERFAZ ASUB	28
1.4.6. INTERFAZ A	29
2. BLOQUE: SUBSISTEMA DE ACCESO GSM	30
2.1. CONCEPTO DE TELEFONIA CELULAR	30
2.2. POTENCIA DE EMISION	31
2.3. EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA GSM	32
2.4. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO	33
2.4.1. ESTUDIO DE IMPLANTACION	34
2.4.2. EL DEPARTAMENTO LEGAL	34
2.4.3. EL REPLANTEO	35
2.4.4. DISEÑO RADIO	35
2.4.5. DISEÑO DE TRANSMISION	36
2.4.6. INSTALACION	37
2.4.7. OPTIMIZACION	37
2.5. SISTEMA RADIANTE	38
2.6. MINIMIZACION DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	41
2.7. INTEGRACION DE LA ESTACION BASE EN LA RED GSM	43
3. BLOQUE: CALIDAD Y DISPONIBILIDAD	45

3.1. INTRODUCCION	45
3.2. INTERFERENCIAS	45
3.3. TRASNIMISION	49
3.4. HARDWARE	52
3.5. REPUESTOS	58
3.6. PREVENTIVOS	60
3.7. FENOMENOS ATMOSFERICOS Y METEOROLOGICOS	61
3.8. ANALISIS DE DISPONIBILIDAD	63
3.8.1. CASOS PRACTICOS DE DISPONIBILIDAD	64
4. BLOQUE: SUPERVISION DEL RADIOENLACE	66
4.1. NETVIEWER	66

INDICE DE FIGURAS

1. NOMENCLATURA DE EXTREMOS Y RADIOENLACES	6
2. VARIOS RADIOENLACES EN UN MISMO EXTREMO	7
3. ANTENAS DE UN RADIOENLACE ACTIVO	8
4. BOMBIN DE UN EMPLAZAMIENTO	8
5. LLAVES EN UN BOMBIN	8
6. ANTENAS Y PARABOLAS	9
7. CASETA EN LA AZOTEA	9
8. EMPLAZAMIENTO URBANO	10
9. EMPLAZAMIENTO RURAL	11
10. SENSOR DE FUEGO	12
11. INTERIOR DE UNA CASETA	12
12. EXTERIOR DE LA CASETA. AIRE ACONDICIONADO EL80AD7M	13
13. STRING DE BATERIAS	13
14. STRING DE BATERIAS NO COMPLETO	14
15. RECTIFICADOR	14
16. CUADRO DE FUERZA	15
17. ALARMAS EXTERNAS.	16
18. TORRE TUBULAR	17
19. TORRE CELOSIA	17
20. MASTIL	17
21. EXTREMO DE UN RADIOENLACE	19
22. PLAN A 2 FRECUENCIAS	20
23. BANDAS DE FRECUENCIAS EN ENLACES DIGITALES	20
24. CARACTERISTICAS DEL AND0011M	20
25. CARACTERISTICAS DEL AND0012M	20
26. ESTRUCTURA DE MULTITRAMA E1	21
27. ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE	22
28. COMPONENTES DE UNA IDU	23
29. JERARQUIA SDH. FUENTE	24
30. ESTRUCTURA STM-1	24
31. ESQUEMA FUNCIONAMIENTO SRA3	25
32. SRA3 DE SIEMENS	25
33. MEMORY KEY	25
34. CARACTERISTICAS DEL DIGLINK. FUENTE	26
35. INTERFACES DE LA RED GSM	27
36. TRAU DE SIEMENS	27
37. INTERFAZ ABIS	28
38. DISTRIBUCION DE CANALES EN CELDAS	30
39. DISTANCIA DE REUTILIZACION	31
40. TDMA : TIME DIVISION MULTIPLEX ACCES	32
41. CDMA : CODE DIVISION MULTIPLEX ACCES. FUENTE	33
42. EVOLUCION DEL GSM	33
43. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO	34
44. CONFIGURACION EXTREMO ANDR0013	36
45. CONFIGURACION EXTREMO ANDR0006	36
46. ESQUEMA DE RED	37
47. DIAGRAMA PLANO HORIZONTAL Y VERTICAL	39
48. SISTEMA RADIANTE TECNOLOGIA GSM	39
49. CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS	40
50. ECUACION TILT	40
51. CALCULO DEL TILT	41
52. SISTEMA CON DIVERSIDAD ESPACIAL	42
53. SISTEMA CON TRIBANDA	42
54. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS	43
55. INTERFERENCIAS EN RADIOENLACES	46
56. FRECUENCIA DEL AND0245M EXTREMO DE LA AND23B01	47
57. FRECUENCIA DEL AND0522M EXTREMO DE LA AND23B01	47
58. A. POLARIDAD HORIZONTAL AND0464M. B POLARIDAD VERTICAL AND0464M	48
59. BPOT SIN ALARMA	49
60. PCMB SIN ALARMA	50
61. BPOT 1 CON ALARMA DE LOSS OF SIGNAL	50
62. PCMB CON ALARMA DE RAI	51
63. INDISPONIBILIDAD LPDLM.	51
64. TRAU	52
65. ALARMAS DEL AND0376M	53
66. PERFORMACE DEL AND0376M	53

67. BTSE ANDR0222	55
68. BTSE ANDR2068	55
69. BTSE ANDR5842	56
70. BSC PPXU	56
71. BSC PPXL	57
72. HARDWARE DE UNA TRAU	58
73. CODIGO DE REPUESTO ODU AND0604M	59
74. DISPONIBILIDAD ODU 732-201/26B006	59
75. DISTRIBUCION ODU 732-201/26B006	59
76. DISPONIBILIDAD. ODU 732-211/26D004	60
77. ATENUACION POR GASES	62
78. RADOMOS DE PROTECCION	62
79. INCIDENCIAS DE INDISPONIBILIDAD	64
80. INCIDENCIAS DE CALIDAD	64
81. ANALISIS DE DISPONIBILIDAD DIARIO	65
82. ANALISIS DE DISPONIBILIDAD SEMANAL	65
83. SUPERVISION RADIOENALCES PDH	66
84. MAPEO RADIOENALCES PDH. FUENTE	66
85. BUSCADOR RADIOENALCES PDH	67
86. ANDR1004	67
87. RAIOENLACES DEL ANDR1004	68
88. OPCIONES DEL AND0245M	68
89. SYSTEM DEL AND0245M	69
90. TRIBUTARIES DEL AND0245M	69
91. ALARMS DEL AND0245M	70
92. EQUIPEMENT CONFIGURATION DEL AND0245M	70
93. SYSTEM CONFIGURATION DEL AND0245M	71
94. FREQUENCY DEL AND0245M. EN ANDR1004	71
95. TRIBUTARIES DEL AND0245M. EN ANDR1004	72
96. TEST DEL AND0245M. EN ANDR1004	73
97. CONTROLLER RESET DEL AND0245M. EN ANDR1004	73
98. CONTROLLER SOFTWARE DEL AND0245M. EN ANDR1004	74
99. INVENTORY ODU DEL AND0245M. EN ANDR1004	74
100. PERFORMANCE DAY DEL AND0245M. EN ANDR1004	75
101. SMAK DE SDH	75
102. SMAK DE SDH CROSSCONEXIONES	76

1. BLOQUE: SUBSISTEMA DE RED

El objetivo de este bloque es describir teóricamente el radioenlace que comunica las estaciones base con el núcleo de red y la infraestructura necesaria para su óptimo funcionamiento. Además se explicarán las interfaces: Abis, Asub y A, necesarias para la comunicación de los equipos BTSE: Base Transceiver Station Equipment, BSC: Base Station Controller y TRAU: Transcoding and Rate Adapter Unit.

1.1. DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA DE UN RADIOENLACE

El radioenlace de una red de telefonía móvil consta de dos extremos, que son fijos y se comunican a través de ondas radioeléctricas. Ambos extremos deben estar configurados para poder entenderse entre ellos. Se llama extremo, al transmisor o receptor de la comunicación, que estará compuesto por una serie de equipos que se nombrarán en apartados posteriores. También se suele denominar vano a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación efectuada por ondas radioeléctricas. Las operadoras para identificar los extremos y el vano usan una nomenclatura. Por ejemplo, Orange para identificar un extremo de Andalucía usa AND, en Extremadura EXT, Canarias CAN, etc. Para identificar la tecnología que se esté utilizando en cada extremo, Orange añade a la nomenclatura anterior, R a los equipos de segunda generación y B a los equipos de tercera generación. Además para cada provincia, a la nomenclatura indicada le añaden 4 cifras. Así por ejemplo en Sevilla iría de la AND0XXX a la AND2XXX, Málaga de la AND2XXX a la AND3XXX, etc. Para los vanos sería igual pero terminado en M, siendo un vano en Sevilla el AND0918M que va entre los extremos ANDR1323 y ANDR1330 como se puede observar en la figura 1.

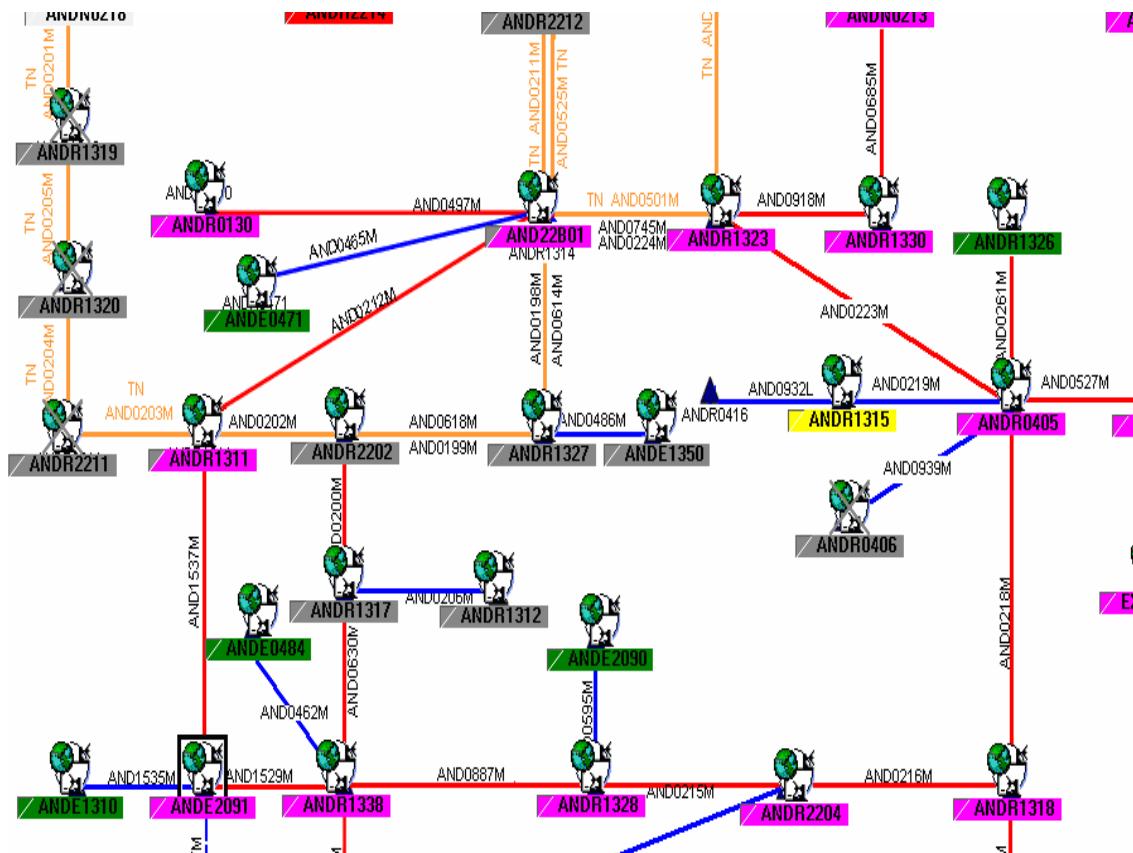


Figura 1. NOMENCLATURA DE EXTREMOS Y RADIOENLACES. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

En la figura 1 se observa que la mayoría de los extremos indicados son de segunda generación, ANDR, pero no significa que en el mismo extremo no se esté utilizando tercera

generación (ANDB). Por lo tanto, se puede dar el caso de que en un mismo extremo se encuentre más de una tecnología. También se puede observar en la figura 1 que en un mismo extremo puede existir más de un radioenlace. En los siguientes apartados se profundizará más sobre este tema.

1.2. ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE:

El diseño de un radioenlace involucra una gran variedad de cuestiones a tener en cuenta: emplazamiento, selección de equipos, cálculo del balance de potencias, identificación de obstáculos y posibles interferencias, fenómenos de atenuación y desvanecimiento de las señales, etc. Si bien actualmente la existencia de herramientas informáticas de simulación facilita enormemente la tarea, es importante conocer de primera mano todos los aspectos que pueden influir en el funcionamiento del radioenlace. De este modo, durante la fase final de verificación e instalación de los equipos será posible identificar las posibles causas de un mal funcionamiento y arbitrar los mecanismos adecuados para solucionarlo. El emplazamiento es el lugar donde vamos a implantar la caseta. En el interior de la caseta estarán los bastidores que sean necesarios para el funcionamiento del radioenlace y en el interior del bastidor se encuentra los distintos dispositivos que varían según el bastidor y la tecnología que se utilice. Estos dispositivos bajan su rendimiento con las altas temperaturas por lo que en el interior de la caseta encontramos también equipos de aire acondicionado. Además, se debe tener en cuenta que los bastidores necesitan suministro eléctrico, por lo que la caseta debe estar siempre alimentada, bien por la compañía eléctrica de la zona o por un grupo electrógeno. Por este motivo, en todas las cassetas hay baterías para asegurar el funcionamiento de los equipos en caso de pérdida de suministro eléctrico. Dentro de la caseta también se encuentra el panel de alarmas externas, que avisará a un centro de supervisión de cualquier fenómeno adverso que afecte al funcionamiento del radioenlace. Una vez descrito brevemente los componentes de infraestructura que hay en el interior de la caseta falta por nombrar los componentes del radioenlace y del sistema radiante. Para Siemens el equipo que va en el interior de la parábola del radioenlace se denomina ODU (outdoor unit): unidad de exterior, para Ericsson RAU: radio unit, en Nokia Mochila, etc. A los equipos del radioenlace que van el interior del bastidor, Siemens los denominan IDU (indoor unit): unidad de interior, Ericsson MMU: memory management unit, etc. Los sistemas radiantes están formados por antenas. Existen diversos tipos de antenas dependiendo de la banda de frecuencia en la que opera la estación base. En el bloque 2 se entrará en detalles en los sectores de equipos de segunda generación y se describirá la evolución de la tecnología de segunda generación hasta llegar a la tercera generación. Existe la posibilidad de ser antenas duales y se utilizan para ambas tecnologías. En un extremo tendremos tantas paráolas como vanos tengamos. Los vanos sirven para encaminar las llamadas telefónicas que se originan en la zona de acción de un extremo y se dirigen a la zona de acción del extremo remoto. En los siguientes apartados se profundizará en todos los aspectos nombrado anteriormente.



Figura 2. VARIOS RADIOENLACES EN UN MISMO EXTREMO. FUENTE: LIBRO RADIACION Y COMUNICACION



Figura 3. ANTENAS DE UN RADIOENLACE ACTIVO

1.2.1 INFRAESTRUCTURA DE UN RADIOENLACE

El lugar donde la operadora decide colocar los radioenlaces viene dado por un estudio previo a través de herramientas informáticas de simulación. Una vez que se ha realizado el estudio del lugar donde hay que instalar el radioenlace las operadoras tienen que negociar con la propiedad para que le permita instalar el radioenlace con todos sus equipos.

1.2.1.1 EMPLAZAMIENTO

Se denomina emplazamiento al lugar donde las operadoras instalan su infraestructura. Hay dos tipos de emplazamientos según la zona: urbanos y rurales. Estos emplazamientos según el acceso se clasifican en: restringido y no restringido. Se da el caso de que más de una operadora comparta el mismo emplazamiento, reduciendo así el impacto visual y consumiendo menos recursos energéticos. Orange y Vodafone en España comparten infraestructura para algunos nodos de tercera generación, denominándose a estos equipos RAN SHARING. Todos los emplazamientos deben tener un acceso inmediato y rápido para los técnicos. Las operadoras intentan que el acceso sea 24x7, es decir 24 horas todos los días del año. La idea de las operadoras es colocar en la puerta del emplazamiento un bombín para dejar todas las llaves que sean necesarias para llegar al lugar en el que se encuentren los equipos del radioenlace y de los elementos de red.



Figura 4. BOMBIN DE UN EMPLAZAMIENTO



Figura 5. LLAVES EN UN BOMBIN

La seguridad de un emplazamiento debe crecer con el nivel de la jerarquía de los equipos. Orange, por ejemplo utiliza los siguientes sistemas:

1. Un bombín en la puerta del emplazamiento que se abre con una llave específica. Esta llave deberá ser personalizada para cada técnico. Una vez que el técnico abra el bombín se registrará automáticamente en un sistema informático con la hora en la que ha abierto el bombín.

2. Para acceder a la caseta, una vez que ha abierto el bombín y tiene las llaves, se tendrá que registrar vía teléfono a través de una aplicación informática indicando la hora de acceso a la caseta, que es distinta a la del emplazamiento, y la hora de salida de la misma.

3. Todas las casetas poseen un panel de alarmas que reporta a un centro de supervisión intrusión y pasador de puerta cuando alguien accede a la caseta.

No siempre estarán disponibles, por diversos motivos, todos los sistemas de seguridad de acceso a un emplazamiento.

1.2.1.1.1 URBANOS

Los emplazamientos urbanos suelen ser los edificios ya que por su altura tenemos visibilidad directa con el extremo remoto y no existen problemas de obstáculos. En la azotea se coloca la caseta donde se encuentran los equipos del radioenlace. Se utiliza un soporte para colocar las parábolás y antenas a la altura deseada. En estos emplazamientos no se suelen utilizar torres.



Figura 6. ANTENAS Y PARABOLAS



Figura 7. CASETA EN LA AZOTEA

Cuando la infraestructura está en la azotea de un edificio, tendremos un bombín en la puerta del emplazamiento, es decir del edificio. En el bombín tendremos todas las llaves necesarias para llegar hasta la caseta donde están los equipos. Así por ejemplo, tendremos en el bombín una llave para abrir la puerta del edificio, la llave de la puerta de la azotea y la de la caseta. Un inconveniente de estos emplazamientos es que no podemos colocar grupos electrógenos auxiliares, debido a su alto ruido, ya que afectaría a la vecindad. Si se produce una falta de suministro en el edificio provocaría que no llegase alimentación a la caseta impidiendo el funcionamiento de los equipos y por tanto del radioenlace. Todos los emplazamientos deben disponer de baterías, pero sin duda los urbanos, debido a la imposibilidad de colocar un grupo electrógeno.



Figura 8. EMPLAZAMIENTO URBANO

1.2.1.1.2 RURALES

Los emplazamientos rurales suelen tener el inconveniente del acceso; ya que pueden estar en montañas, zonas rocosas, carreteras en malas condiciones, etc. Los técnicos normalmente utilizan vehículos 4x4 para llegar hasta estos emplazamientos. En estos emplazamientos generalmente si se utiliza una torre para colocar las paráolas y las antenas. El suministro viene directamente de las líneas de tensión y llega a través de acometidas eléctricas a la caseta. A diferencia de los urbanos si podemos colocar grupo electrógeno en caso de avería de la línea o acometida, ya que normalmente no hay vecinos cercanos. Es más, hay emplazamientos que debido a su complicada situación geográfica no hay una línea de tensión cercana y se alimenta a través de un grupo electrógeno permanente. La colocación de bombín en estos emplazamientos es más complicada, ya que generalmente es un vallado que cierra un terreno con una puerta que tiene un simple candado. En estas ocasiones se intenta que la propiedad nos facilite una llave, en caso contrario la operadora cada vez que quiera acceder tendrá que ponerse en contacto con la propiedad. En la figura 9 se observa el vallado, torre y caseta. La vegetación a veces impide llegar a los técnicos con su vehículo hasta la puerta del emplazamiento. Además hay que tener en cuenta la existencia de animales como ratas que pueden vivir en el interior de la caseta, provocando problemas de cableados. Pequeños detalles, pero que los técnicos de campo siempre tienen en cuenta en estos tipos de emplazamientos. A continuación, se comentará muy brevemente la otra clasificación de emplazamiento según el tipo de acceso.



Figura 9. EMPLAZAMIENTO RURAL

1.2.1.1.3 RESTRINGIDOS

Aquellos emplazamientos, ya sean urbanos o rurales que el acceso no es inmediato. Se necesita de un procedimiento para gestionar el acceso con la propiedad y ésta es la que decide cuando se puede acceder. Las operadoras no utilizan equipos de alta jerarquía en estos tipos emplazamiento Por ejemplo, Orange tiene varios equipos en emplazamientos de Retevisión, donde también le proporciona el suministro. Cada vez que se quiera acceder, Retevisión tiene que autorizar el acceso.

1.2.1.1.4 NO RESTRINGIDOS

Aquellos emplazamientos, ya sean urbanos o rurales que el acceso es inmediato y no necesite gestionar ningún procedimiento para acceder. Se llega a un acuerdo con la propiedad para que se pueda acceder al emplazamiento de forma instantánea.

En conclusión, el emplazamiento dependerá de lo que negocie la operadora con la propiedad y como se ha indicado pueden ser, rurales o urbanos dependiendo de la zona y restringido o no restringido según si el acceso requiere o no autorización de la propiedad cada vez que se quiera acceder. Los emplazamientos con equipos potenciales, deben tener un acceso no restringido. Pero a su vez, los equipos de alta jerarquía deben aumentar la seguridad y control de los técnicos que acceden, ya que cualquier trabajo realizado en estos emplazamientos puede repercutir enormemente en la red.

1.2.1.2 CASETA

Se utilizan casetas de dimensiones reducidas (2'60 m x 2'70 m aprox.) que permiten ubicar los equipos de la manera más adecuada, garantizando la máxima seguridad de las instalaciones a través de sistemas electrónicos de detección y seguimiento. En los casos en los que el emplazamiento lo permite, los equipos se ubican en cuartos no habitados del propio edificio acondicionados para tales menesteres, evitándose en esos casos la ubicación de una caseta exterior. En el interior de la caseta se encuentran todos los equipos necesarios para el funcionamiento del radioenlace. Además de estos equipos, en la caseta también se pueden encontrar elementos de red de distinta jerarquía: BTSE, BSC, switch, etc. Todos los equipos, ya sean del radioenlace como de elementos de red van en el interior de un bastidor. Para el óptimo funcionamiento de los equipos, la caseta debe estar a una temperatura adecuada y para ello en el interior de la misma hay aires acondicionados. A la caseta, generalmente le llegará la corriente eléctrica desde una acometida hasta un cuadro eléctrico y necesitará de equipos de fuerzas para alimentar a los distintos dispositivos. Los equipos de fuerza se denominan rectificadores. A los equipos de aires acondicionados, baterías, rectificadores y bastidores que se encuentran en el interior de la caseta, hay que añadir un panel de alarmas externas que avisará a un centro de

supervisión de cualquier anomalía que pueda afectar al servicio de los equipos. En la figura 10 se puede observar el sensor de fuego, que va conectado al panel de alarmas, en el techo de la caseta y un bastidor donde están los equipos. En la figura 11 se observan dos *string* de baterías y otro bastidor.



Figura 10. SENSOR DE FUEGO



Figura 11. INTERIOR DE UNA CASETA

El número de aires acondicionados, rectificadores y baterías que hay en el interior de una caseta va en función de los elementos de red y radioenlaces que se esté utilizando. Pero generalmente las dimensiones de las cassetas serán aproximadas. En general la función principal de la caseta es cubrir a los equipos de fenómenos naturales y de los sabotajes. La caseta proporciona que los equipos estén a una temperatura adecuada para que operen de forma óptima y que nadie sin autorización pueda manipular los equipos proporcionando pérdida de servicios en la red. Anotar también, que existe la posibilidad de que las operadoras utilicen equipos de tipo *outdoor*, minimizando los costes que supondría la instalación de una caseta, pero aumentando la posibilidad de robo y degradación de los equipos.

1.2.1.3 AIRES ACONDICIONADOS

En el interior de la caseta de un emplazamiento se puede llegar a temperaturas muy elevadas. Los equipos necesitan una determinada temperatura para su correcto funcionamiento y para ello se utilizan aires acondicionados. Las operadoras pueden utilizar varios proveedores de aires acondicionados para sus distintas cassetas. Uno de los equipos de aires acondicionados más utilizados por Orange es EL80AD7M perteneciente al proveedor AEA, air conditionings systems s.r.l. El EL80AD7M es del tipo autónomo compacto, con condensación de aire, impulsión y retorno de aire por el lado posterior para la distribución directa en el ambiente y con función free-cooling incorporada. De acuerdo a las condiciones del ambiente que se debe climatizar y a la temperatura exterior, el sistema está preparado para reducir al mínimo indispensable el consumo energético aprovechando la modalidad de free-cooling. El free-

cooling, o refrigeración mediante aire frío tomado del exterior, se activa cuando la diferencia entre la temperatura del ambiente a climatizar y la temperatura exterior es tal que permite la refrigeración. Aparte de mantener la caseta a una temperatura adecuada también debe cumplir unos requisitos de ruido. Hay que tener en cuenta que en los emplazamientos urbanos los aires acondicionados pueden molestar a los vecinos de la propiedad si el ruido es elevado. Las dimensiones del equipo EL80AD7M son 830 mm x 11720 mm x 550 mm y un peso de 160kg.



Figura 12. EXTERIOR DE LA CASETA. AIRE ACONDICIONADO EL80AD7M

1.2.1.4 BATERIAS

Las baterías sirven para asegurar que los diferentes equipos siempre estén alimentados. En función del número de equipo que haya en la caseta tendremos más o menos baterías. Para una BTS de Siemens se necesitan baterías de 100 amperios y 12 voltios que irán en un *string* de baterías. En el *string* hay 4 baterías que proporcionan $12 \times 4 = 48$ voltios que son necesarios para los elementos de fuerzas. Existen varios proveedores de baterías y dependiendo de los equipos varían las características de las baterías. Una de las principales características de las baterías es la duración de tiempo que puede suministrar a los equipos. Orange suele utilizar Monolite Model 12 FAT 100, tiene una duración máxima de aproximadamente 3 horas. En la figura 13 se observa 2 *string* de baterías. Los equipos de alta jerarquía siempre deben tener las baterías en perfectas condiciones para asegurar la disponibilidad en la red en caso de avería. En la figura 14 se observa un *string* con solo 2 baterías que también puede alimentar a los equipos pero su autonomía será la mitad que la de un *string* con las 4 baterías.



Figura 13. STRING DE BATERIAS



Figura 14. STRING DE BATERIAS NO COMPLETO

1.2.1.5 CUADRO ELECTRICO

Al cuadro eléctrico le llegará la corriente a través de una acometida de la empresa suministradora de la zona o en algunas ocasiones mediante un grupo electrógeno. En el cuadro eléctrico estarán los disyuntores de todos los equipos. El cuadro eléctrico servirá para llevar la corriente alterna hasta el cuadro de fuerza y rectificadores.

1.2.1.6 CUADRO DE FUERZA Y RECTIFICADORES

Al cuadro de fuerza y rectificadores le llega la corriente desde el cuadro eléctrico de la caja. Esta corriente es alterna y el cuadro de fuerza y rectificadores la convierten en continua para alimentar a los diferentes equipos que hay en el interior de la caja. Es donde se conectan los *string* de baterías para que en caso de pérdida de alimentación las baterías puedan alimentar a los equipos.



Figura 15. RECTIFICADOR



Figura 16. CUADRO DE FUERZA

1.2.1.7 GRUPOS ELECTROGENOS

A veces es imposible suministrar los equipos con acometidas eléctricas de la empresa suministradora de la zona y se utilizan grupos electrógenos. También cuando surge una avería eléctrica en la zona y se consumen las baterías se coloca un grupo electrógeno. Los grupos más habituales son el de 9 kVA: kilo-voltios-amperios y el de 20 kVA. Anotar, que a los kW: se le llama potencia activa (P) y a los kVA se le denomina potencia aparente (S). La relación kW y kVA es $P=S \times fp$, siendo fp el factor de potencia. Generalmente el fp varía entre 0.8 a 0.99.

1.2.1.8 PANEL DE ALARMAS

El panel de alarmas reportará a un centro de supervisión todas las alarmas externas de la estación base. Las alarmas externas son aquellas que no son proporcionadas por fallo de equipo. Las alarmas externas más significativas de Siemens son:

- Temperatura alta y baja
- Fallo mayor y menor DC
- Fallo mayor y menor AC
- Fallo alimentación AC
- Tirando de baterías
- Batería desconectada
- Intrusión
- Pasador de puerta
- Fuego
- Baliza torre
- Fallo rectificador
- Fallo de aire acondicionado
- Ventilador
- Fallo LNA

El reporte de estas alarmas a un centro de supervisión servirá para adelantarnos a la avería e impedir la pérdida de servicio que puede llegar a provocar indisponibilidad. En la figura 17 se observa un ejemplo de las alarmas externas que reporta el gestor de Siemens: Radiocommander. Las alarmas externas se denominan ENVAS. Se muestran en rojo las alarmas activas y en verde las alarmas que no están activas pero que también están definidas.

ID	associated	associatedString	interface	operational	administrat	alarmStatus
0	CRITICAL(1)	FUEGO	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
3	MAJOR(2)	VENTILADOR ON	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
4	CRITICAL(1)	TEMPERATURA ALTA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
5	MAJOR(2)	PASADERO DE PUERTA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	ACTIVEREPO
6	MAJOR(2)	FALLO MENOR DC	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
7	CRITICAL(1)	FALLO MENOR DC	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	ACTIVEREPO
8	CRITICAL(1)	ALIMENTACION AC	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
9	CRITICAL(1)	FALLO LNA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
10	MAJOR(2)	EQUIPO 2 Mbits (ALARMA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
11	CRITICAL(1)	BATERIA DESCONECTADA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
12	MAJOR(2)	BALIZA TORRE	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	ACTIVEREPO
13	MINOR(3)	EQUIPO 2 Mbits (ALARMA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	SET(0)
16	MAJOR(2)	INTRUSIONES	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)
17	MAJOR(2)	AIRE ACONDICIONADO	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	ACTIVEREPO
18	MAJOR(2)	TEMPERATURA BAJA	high(1)	Enabled(1)	UNLOCKED(1)	CLEARRED(0)

Figura 17. ALARMAS EXTERNAS. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

1.2.1.9 BALIZA TORRE

La función de la baliza torre es señalizar la estación base. Esta infraestructura no afecta directamente al servicio pero si nos ayuda a localizar la estación base, sobre todo en caso de emplazamientos rurales ya que el acceso hasta la caseta se puede complicar. La baliza torre está situada en lo alto de la torre y en horario nocturnos se enciende una luz para señalizar la estación base.

1.2.1.10 PUESTA A TIERRA

Con la finalidad de derivar hacia tierra las corrientes de defecto peligrosas para la integridad física de personas así como para proteger los equipos instalados en una estación base, se debe crear una red de tierras en cada emplazamiento. Toda la red de tierras deberá cumplir con las normativas y especificaciones técnicas vigentes para este tipo de instalaciones. La instalación de puesta a tierras estará formada por una serie de electrodos y una red de conductores que los conectan a los elementos y equipos de las estaciones que deben ser puestos a tierra. Se pretende que cualquier elemento de material metálico y cualquier equipo de la instalación se unan a la red de tierras instalados en la caseta

1.2.1.11 TORRE

Las torres suelen usarse en los emplazamientos rurales para colocar las parábolas y las antenas a una determinada altura después de realizar el estudio del diseño evitando así cualquier obstáculo. Hay varios tipos de torres que no entraremos en detalles, sólo se nombrarán. Para los emplazamientos urbanos se utiliza un mástil, como el de la figura 20. En las figuras 18 y 19 se observan dos tipos de torres con su tirada de cable de los radiantes.



Figura 18. TORRE TUBULAR



Figura 19. TORRE CELOSIA



Figura 20. MASTIL

Ya tenemos dada la definición de radioenlace y un ejemplo de nomenclatura utilizada por una operadora. También se ha descrito la infraestructura necesaria para el óptimo funcionamiento del radioenlace y del elemento de red. El elemento o los elementos de red de un emplazamiento varían según la jerarquía. Puede ser que un emplazamiento no tenga elemento de red, en este caso es un radioenlace pasivo que solo encamina la llamada desde un extremo hacia otro.

1.3. EL RADIOENALCE

Los radioenlaces sirven para encaminar las llamadas telefónicas que se originan en la zona de acción de un extremo y se dirigen a la zona del extremo remoto. En la figura 21 se muestra uno de los dos extremos que componen un radioenlace. Un extremo de un radioenlace estará compuesto por una parábola y un equipo que va en el interior de un bastidor en la caseta. Para el caso de la figura 21, el extremo tiene 3 paráboles por lo tanto 3 radioenlaces. Los radioenlaces más habituales en telefonía móvil son PDH ó SDH. El diseño de radioenlaces es una disciplina

que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras. Además de la elección de los equipos de radio y de sus parámetros de funcionamiento, los factores más importantes que determinan las prestaciones de un sistema fijo de acceso inalámbrico son la buena situación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencias. Sólo con una buena planificación del enlace entre paráolas puede conseguirse evitar las interferencias y los desvanecimientos de la señal, alcanzando una alta disponibilidad en el sistema. La planificación del enlace radioeléctrico de un sistema de radiocomunicaciones comienza con el cálculo del alcance. Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancia de las paráolas, sensibilidad del receptor, tasa de error, disponibilidad, etc.

Este cálculo del alcance del sistema constituye una primera estimación teórica que deberá verificarse tras la instalación de los equipos. La utilización de aplicaciones informáticas de simulación con cartografías digitales del terreno y de los edificios constituye una potente herramienta de ayuda en la planificación. Valiéndose de las mismas es posible determinar las mejores localizaciones para instalar las paráolas y estimar su alcance o cobertura, así como los posibles niveles de interferencia que provienen de otros emplazamientos vecinos. Las frecuencias utilizadas habitualmente por los radioenlaces fijos exceden de 10 GHz. Por lo tanto, estos sistemas se incluyen dentro de la categoría de sistemas terrenales con visión directa. La característica de visibilidad directa proviene de la dificultad de las señales de radio de alta frecuencia para propagarse bordeando esquinas o para difractarse en torno a obstáculos. Es decir, debe existir un camino directo sin obstáculos para la propagación de la señal radio entre las paráolas transmisora y receptora. Si desde el emplazamiento de una de las paráolas puede verse la otra, entonces se dice que existe visión directa. Normalmente, suelen visitarse los posibles emplazamientos y comprobarse la existencia de visión directa como fase previa a la instalación de los equipos de comunicaciones. En el caso de enlaces de corto alcance, la visión directa puede limitarse simplemente a una cuestión de qué altura deben tener las torres o mástiles donde se sitúen las antenas. En cambio, resulta más práctico la búsqueda de zonas geográficas prominentes con buena visibilidad o edificios altos, lugares ideales para la instalación de estaciones base que deben concentrar el tráfico de múltiples enlaces punto a punto. Ahora bien, las paráolas no siempre se encuentran en edificios altos, y lo que ocurre más a menudo, ambos extremos del enlace es difícil que se encuentren simultáneamente en lugares favorables. Una vez asegurada la visión directa, conviene comprobar que la primera zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos. En este caso conviene prever que el entorno resulta cambiante con el tiempo y con la época del año: construcción de nuevos edificios, árboles que crecen, nieve que se acumula en los tejados en invierno, tráfico aéreo, etc. Adicionalmente, se debe asegurar que no existe ningún obstáculo cerca de la posición de ambas paráolas. En especial, superficies metálicas u otras paráolas transmisoras dirigidas hacia la nuestra. Resulta interesante documentar todas las comprobaciones por medio de fotografías que puedan ayudar posteriormente.

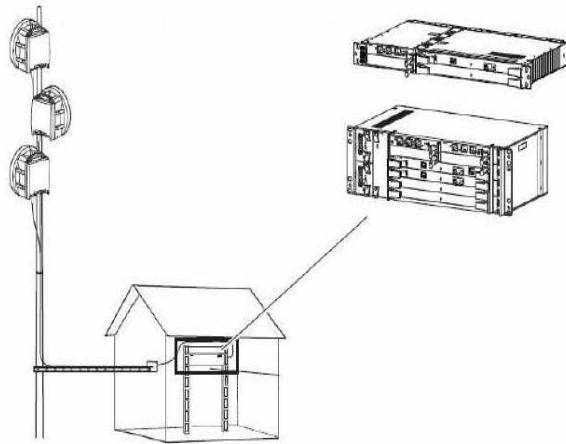


Figura 21. EXTREMO DE UN RADIOENLACE. FUENTE : http://www.ini-tel.ru/datadocs/doc_451ni.pdf

1.3.1. FRECUENCIAS DEL RADIOENLACE

En un extremo que tenga como mínimo una parábola por cada dirección, es absolutamente necesario que las frecuencias de emisión y de recepción estén suficientemente separadas, debido a: la gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB, la necesidad de evitar acoplos entre ambos sentidos de transmisión y por la directividad de las antenas. Se utiliza habitualmente el plan a 2 frecuencias: una para cada sentido de la transmisión del vano e intercambiando la polarización en cada vano, como se puede observar en la figura 22. El inconveniente principal es la posibilidad de interferencia hacia atrás y hacia delante.

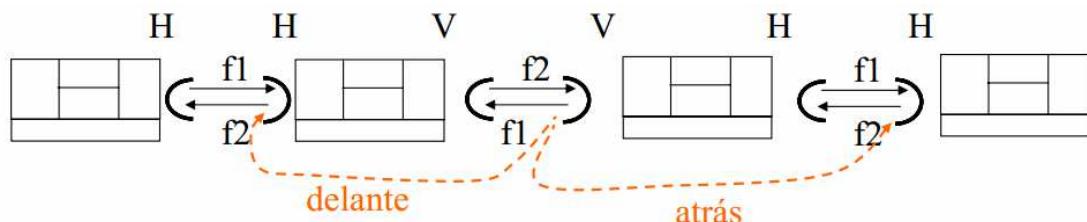


Figura 22. PLAN A 2 FRECUENCIAS. FUENTE : LIBRO RADIACION Y COMUNICACIÓN

Se puede hacer una clasificación de radioenlace según su frecuencia. Si la frecuencia es inferior a 10 GHz se puede alcanzar hasta 80 km., pero si es superior, que es lo más habitual, la atenuación por lluvia limita la distancia hasta 30 km. En la figura 23 se observa un resumen de las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz. En la figura 24 se observa la base de datos del operador Orange, donde se encuentra las características del vano AND0011M, que va entre los extremos ANDR0101 y ANDR0257 con una capacidad de 16x2Mb/s. Según la base de datos, este vano se encuentra en la banda de 38 GHz. El extremo ANDR0101 tiene una frecuencia de transmisión de 37856 MHz y de recepción de 39116 MHz, que están dentro de la banda de 38 GHz. En el extremo ANDR0101, también está el vano AND0012M que tiene como extremo remoto ANDR0255. Se observa en la figura 25 que en el extremo ANDR0101 se cumple el plan a 2 frecuencias ya que la frecuencia de transmisión y recepción para el AND0012M son las mismas que para el vano AND0011M y además se cambia de polaridad.

Banda	Gama de Frecuencias (GHz)	Separación de Canales (MHz)	Recomendación UIT-R Serie F
18	17.7-19.7	220-110-55-27.5 80-40-20-10-6	595
23	21.2-23-6	112 a 3.5	637
27	24.25-27.5	112 a 3.5	748
	27.5-29.5	112-56-28	
31	31.0-31.3	25-50	746
38	36.0-40.5	3.5-2.5 112 a 3.5	749

Figura 23.BANDAS DE FRECUENCIAS EN ENLACES DIGITALES : LIBRO RADIACION Y COMUNICACIÓN

Código: AND0011M	Tipo Elto que integra:	Configuración: 1+0	FechaPedido: 24/03/2004	Estado15GHz:
Estado: ON AIR	Equipo: SRA L	FechaDocumentacion: 24/03/2004	Fecha15GHz:	
BSC: AND01B01	Jerarquia: PDH	Banda Frec: 38	Comentarios:	
Provincia: SEVILLA	Capacidad: J16X2	PotenciaTX: 4	ATPC:	
Tipo: MW	Suministrador: SIEMENS	RSLA: -35,6	Observaciones:	
Fase: 8	Longitud: 0,53	Versión: 0		
EXTREMO A: ANDR0101		Canal TX: D29	EXTREMO B: ANDR0257	
Dirección	Localidad	Provincia	Latitud	Longitud
Págés del Corro, 11	SEVILLA	37-23-01 N	06	0
Frec TX: 37856	Frec RX: 39116		Frec TX: 39116	Frec RX: 37856
		Polarización: H	Polarización: H	
TipoEstructuraAntena		AlturaEdificio	TipoEstructuraAntena	
MASTIL		15	MASTIL	

Figura 24. CARACTERISTICAS DEL AND0011M.FUENTE : BBDD DE ORANGE

Código: AND0012M	Tipo Elto que integra:	Configuración: 1+0	FechaPedido: 17/11/2000	Estado15GHz:
Estado: MOD	Equipo: SRA L	FechaDocumentacion: 30/11/1999	Fecha15GHz:	
BSC: AND01B01	Jerarquia: PDH	Banda Frec: 38	Comentarios:	
Provincia: SEVILLA	Capacidad: B8X2	PotenciaTX: -1	ATPC:	
Tipo: MW	Suministrador: SIEMENS	RSLA: -40,4	Observaciones:	
Fase: 1	Longitud: 0,41	Versión: 0		
EXTREMO A: ANDR0101		Canal TX: B112	EXTREMO B: ANDR0255	
Dirección	Localidad	Provincia	Latitud	Longitud
Págés del Corro, 11	SEVILLA	37-23-01 N	06	0
Frec TX: 37856	Frec RX: 39116		Frec TX: 39116	Frec RX: 37856
		Polarización: V	Polarización: V	
TipoEstructuraAntena		AlturaEdificio	TipoEstructuraAntena	
MASTIL		15	MASTIL	

Figura 25. CARACTERISTICAS DEL AND0012M.FUENTE : BBDD DE ORANGE

Las bandas por debajo de 10 GHz están saturadas y se utilizan las bandas superiores a 10 GHz. Las bandas de frecuencias altas tiene las siguientes ventajas: potencia recibida proporcional al cuadrado de la frecuencia, el ruido disminuye al aumentar la frecuencia y el ancho de banda y la directividad aumentan con la frecuencia. Pero también tiene sus desventajas: Mayor inestabilidad y desvanecimientos, además de equipos más caros.

1.3.2. ANCHO DE BANDA Y MODULACIÓN DEL RADIOENLACE

Las modulaciones digitales utilizadas en los radioenlaces son: B-PSK, 4-PSK, D-PSK, OQPSK y MQAM. Todos los radioenlaces realizan la modulación en la una unidad exterior, pero según el radioenlace, la modulación la controla el equipo exterior o interior. En apartados posteriores se verá un ejemplo de cada tipo. El ancho de banda depende de varios factores, uno

de ellos el factor de modulación K. La expresión de ancho de banda viene dada por $B = K F V_b R$, siendo F el factor de especificación F del filtrado, V_b la velocidad binaria y R el factor de ancho de banda.

1.3.3. JERARQUÍA DIGITAL PLESIOCRONA: PDH

El funcionamiento de PDH es transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra óptica, cable coaxial o radio de microondas. Son plesiocronas, el reloj usado en cada nivel de multiplexación es independiente de los otros niveles. La jerarquía europea, usada también en Latinoamérica, agrupa 30+2 canales de 64 kb/s para obtener 2.048 kb/s. Luego, por multiplexado de 4 tributarios sucesivamente, se obtiene las velocidades de 8.448 kb/s; 34.368 kb/s y 139.264 kb/s. En apartados posteriores se explicará el radioenlace del proveedor Siemens: SRAL que utiliza la tecnología PDH.

1.3.3.1. JERARQUIA EUROPEA : E1

Define un conjunto de 32 slots de tiempo de 8 bit, cada uno a una velocidad de 32 kb/s. El slot 0 y 16 están reservados para administración y señalización del canal, esto se puede ver en la figura 25. Cada trama tiene una duración de 125μs. Los primeros 8 bits (TS0) de cada trama es un encabezado, los otros 248 bits pueden ser usados para la transmisión de datos. La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la Multitrama MFR (MultiFrame) consistente en 16 Tramas FR (Frame) numeradas desde fila 0 a 15

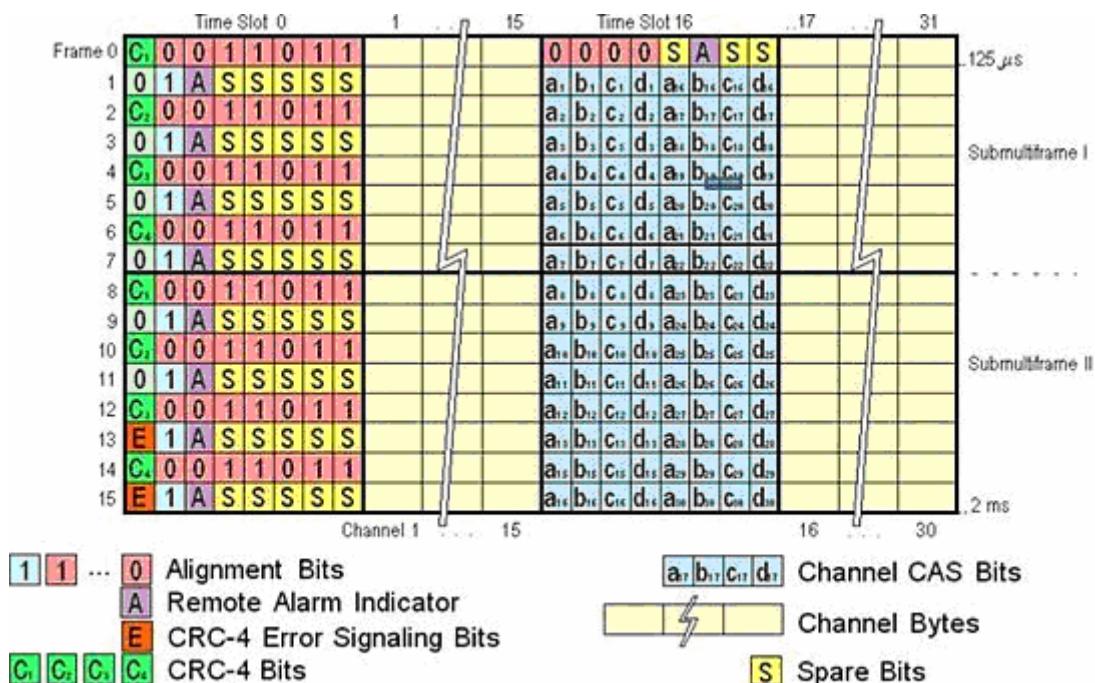


Figura 26. ESTRUCTURA DE MULTITRAMA E1. FUENTE : [http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesio%](http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesio%;)

Para la telefonía móvil la trama PDH se retransmite a través de radioenlaces en la gran mayoría de las ocasiones. Los errores en la trama PDH provocan pérdida de calidad, llegándose incluso a la pérdida de servicio, es decir, indisponibilidad. Se entrará en detalle en el bloque 3 de los parámetros de calidad e indisponibilidad. Son muchas las alarmas que puede reportar la trama. Aquí se indica las más importantes:

- Pérdida de señal LOS (Loss of Signal)
- Pérdida de alineamiento de trama LOF (Loss of Frame) y multitrrama LOMF
- Alarma de tasa de error BER sobre la base de la paridad CRC-4
- Señal de indicación de alarma AIS. Enlace cortado. La SIA se propaga desde el punto de falla hacia adelante hasta el final de la red

1.3.3.2. RADIOENLACE SRAL DE SIEMENS

Siemens ha desarrollado una familia de equipos de baja capacidad, alta flexibilidad y costo adecuado, SRAL, el cual provee conectividad desde E1 hasta 32XE1, totalmente seleccionable vía software. Total cobertura en las bandas, desde los 7 hasta los 38 GHz, incluyendo la nueva banda de 28 GHz. Este equipo está basado en una arquitectura tipo Split (interno-externo), pero también está disponible una versión Fully Outdoor (desde los 23 hasta 38 GHz). Tiene disponible dos tipos de ODU: tipo Normal Density fijo o tipo High Performance High Density. En los SRAL existen 3 versiones de IDU: compacto (Single Board), expandible/flexible (Plug-In) y un equipo Fully- Outdoor. En la figura 27 se observa los dos bloques principales del radioenlace: IDU y ODU. La modulación empleada en estos equipos es la 4PSK (QPSK) y se controla en la IDU a través de la RTM que será comentada a continuación.

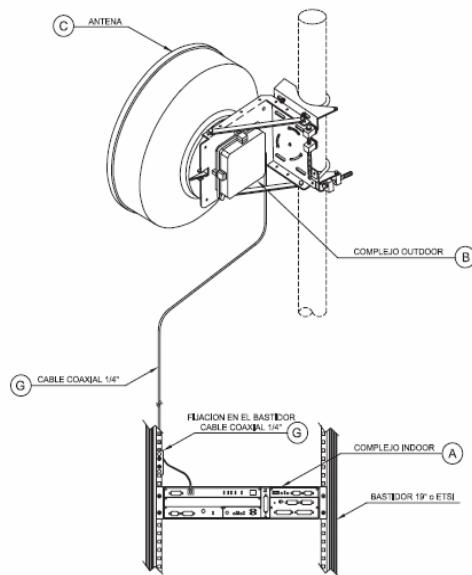


Figura 27. ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE SRAL FUENTE: BBDD DE SIEMENS

1.3.3.2.1. IDU

La IDU, cuyo esquema en bloque aparece en la figura 28, está constituida por:

- Una unidad RTM, que incluye toda la elaboración de banda base, las funciones de modulación, conversión IF, la protección del cable y la gestión del canal de servicio auxiliar IDU-ODU.
- Una unidad de tributario de 2 Mb/s., que representa el acceso físico del equipo para los flujos tributarios de 2 Mb/s. de la red pública.
- Una unidad controladora, que incluye todas las funciones de control y supervisión

La IDU, puede incluir opcionalmente:

- Una unidad de alarmas, que incluye todas las alarmas y telecomandos; en caso de uso del equipo en un intervalo extendido de temperatura -5°C a 55° C.
- Una unidad EOW para conexiones fónicas locales y remotas entre IDU y ODU
- Una unidad Q-Adapter para la conexión a un sistema de supervisión

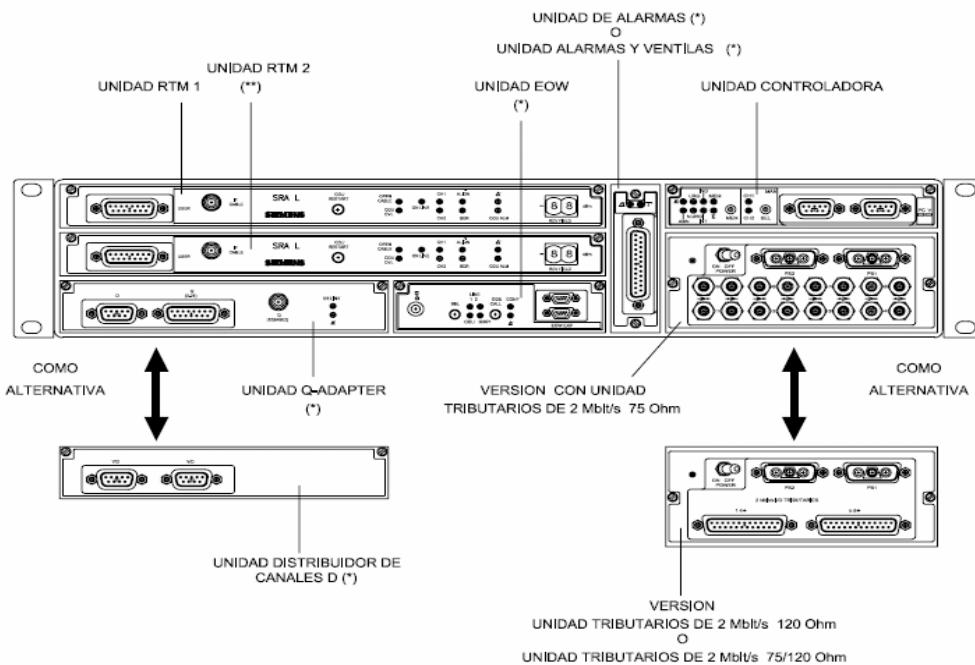


Figura 28. COMPONENETES DE UNA IDU. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

1.3.3.2.2. ODU

Se denomina ODU al elemento del radioenlace que recibe o transmite a través de ondas radioeléctricas. La ODU que se utiliza varía en función de la frecuencia que tenga el radioenlace. Hay que tener en cuenta que las ODUs de los dos extremos de un radioenlace tienen que tener una orientación correcta y una diferencia de campo no superior a 5 dBm para no tener problemas de calidad.

1.3.4. JERARQUIA DIGITAL SINCRONA: SDH

Uno de los objetivos de esta jerarquía es el proceso de adaptación del sistema PDH. La trama básica del SDH es el STM-1 (Synchronous Transport Module level 1), con una velocidad de 155 Mb/s. En la figura 29 se observa la jerarquía SDH y en la figura 30 se observa la estructura de la trama STM-1. Los niveles superiores se forman a partir de multiplexar a nivel Byte varias estructuras STM-1, dando lugar a los niveles STM-4, STM-16 y STM-64. Las principales ventajas de la tecnología SDH respecto a la PDH son:

- Menor Interfaces de Transmisión.
- Tributario único estandarizado para cualquier velocidad. Todo el procesamiento se realiza a nivel de STM-1.
- Posibilidad de transportar y mezclar señales de diferentes jerarquías PDH en un único STM-1.
- Canales de Operación y mantenimiento (O&M) ya integrados.
- Utilización de punteros para identificar las tramas de los tributarios.
- Canales de Servicio de Gran Capacidad.

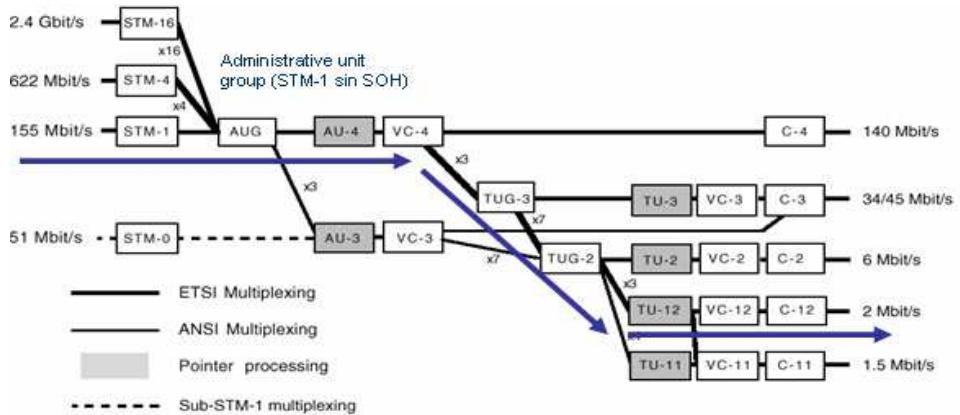


Figura 29. JERARQUIA SDH. FUENTE: http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona

1.3.4.1. ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1

Los datos son encapsulados en contenedores específicos para cada tipo de señal tributaria. A estos contenedores se les añade una información adicional denominada tara de trayecto (Path overhead), que consiste en una serie de bytes utilizados con fines de mantenimiento de red y que dan lugar a la formación de los denominados contenedores virtuales (VC). El resultado de la multiplexación es una trama formada por 9 filas de 270 octetos cada una. La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La trama se transmite a razón de 8000 veces por segundo, por lo tanto STM-1: $8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 155 \text{ Mb/s}$. De las 270 columnas que forman la trama STM-1, las 9 primeras forman la cabecera, independiente de la tara de trayecto de los contenedores virtuales antes mencionados, mientras que las 261 restantes constituyen la carga útil.

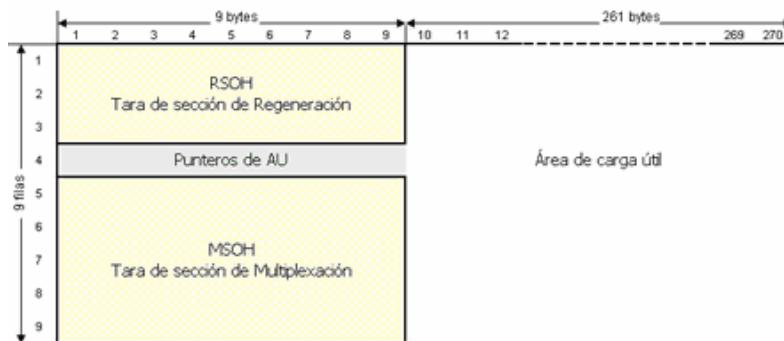


Figura 30. ESTRUCTURA STM-1. FUENTE: <http://ieee.org.ar>

1.3.4.2. RADIOENLACE SRA3 DE SIEMENS

Se utiliza la jerarquía digital síncrona SDH, en extremos que tengan varios radioenlaces y todos los E1s que le llegan, se quiere transmitir a otro extremo por un único radioenlace. Los radioenlaces SDH en cada extremo disponen de un ADM con puertos físicos, como se observa en la figura 31, cuya función es multiplexar/demultiplexar el único tributario que le llega en una trama STM-1 en tramas PDH de 2 Mb/s o multiplexar/demultiplexar las tramas PDH en una sola trama STM-1. Los ADM disponen de puertos físicos, denominados LOI, para la entrada o salida de las tramas PDH de 2 Mb/s.

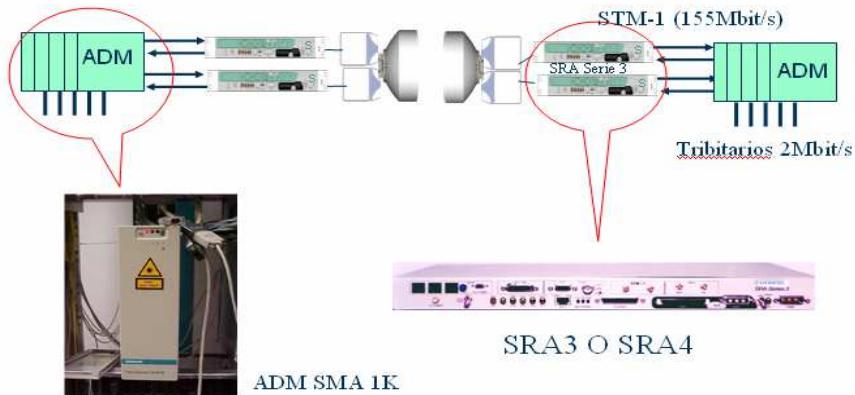


Figura 31. ESQUEMA FUNCIONAMIENTO SRA3. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

El SRA3 es un radioenlace del proveedor Siemens que se utiliza para transmitir tramas STM-1. El equipo interno se compone de un solo modulo IDU sin subtarjetas. En la figura 32 se observa un equipo SRA3. La modulación del SRA3 a diferencia del SRAL se produce y se controla en la propia ODU.

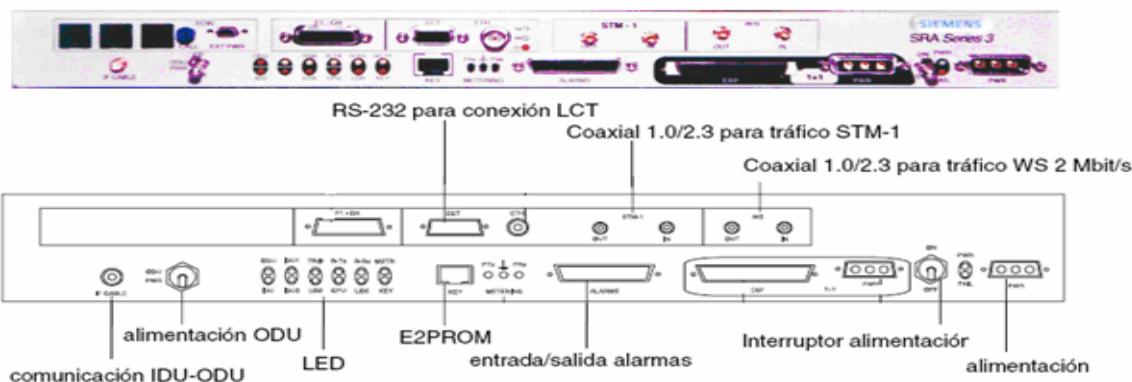


Figura 32. SRA3 DE SIEMENS. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

Una de las características más fundamentales del serie 3 de siemens es la existencia de una llave que no es más que una memoria en la que tenemos salvada toda la configuración del equipo. La configuración del equipo se salva automáticamente en la llave cuando esta es introducida en la IDU y cualquier cambio que se realice en la configuración con la llave conectada se salva también automáticamente en la misma. Esta llave simplifica un posible cambio de IDU ante un problema, ya que no hay que conectarse a la nueva IDU para cargarle la configuración. Los pasos a seguir para el cambio serían los siguientes: primero retirar la llave del equipo original, en segundo lugar sustituir la IDU, a continuación y con la IDU nueva todavía apagada introducir la llave en la misma, y por último encender la nueva IDU. Es en este proceso de encendido y detectar una llave cuando la misma carga la configuración sobre la IDU. En la figura 33 se observa la memory Key.



Figura 33. MEMORY KEY. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

1.3.5. EL RADIOENLACE ETHERNET: DIGLINK 24S70

Se ha explicado en aparatos anteriores los radioenlaces de la familia Siemens: SRAL para la jerarquía PDH y SRA3 para la jerarquía SDH. Con estos radioenlaces, como máximo se podrá transmitir 32x2 Mb/s para el SRAL y 155Mb/s para el SDH. La arquitectura del DIGLINK 24S70 permite adaptar las necesidades del usuario, a las condiciones cambiantes del momento, con solo asociar los módulos electrónicos predispuestos, sin necesidad de software y con un coste bajo, permitiendo aumentar la capacidad del sistema de los 100Mb/s a los 10 Gb/s (10GbE). La plataforma básica del DIGLINK es un módulo de 100Mb/s Fast Ethernet+2XE1 G703. A partir de esta configuración básica, puede ampliarse de forma escalable. En la figura 34 se observa las características principales del DIGLINK.

Bandas de Frecuencia	24GHz	70GHz
Separación en los canales Tx/Rx	150 MHz	500MHz
Tipos de Modulación	512TCM-4D Constelación cruzada	
Ganancia del sistema.	75 dBm	100 dBm
Centro del Canal	24.125 GHz	73.00 GHz
Control de Potencia (ATPC)	Standard	
Transmisor		
Potencia de salida	+10 dBm	+30 dBm
Desviación de potencia	+/-1 dBm	+/-2 dBm
Oscilador de Emisión	DRO, Titanio de Circonio	
Estabilidad de la frecuencia	+/-9 ppm	+/-14 ppm
Ancho de Banda en Emisión	56 MHz	200 MHz
Control manual de potencia	10 dB, en saltos de 1 dB	
Receptor		
Oscilador del receptor	Sintetizador	
Estabilidad de frecuencia	+/-9 ppm	+/-14 ppm
	Filtro dieléctrico estabilizado	
	100+2x2 Mbps	1.250 Mbps
Umbral del receptor	-66 dBm	-55 dBm
Bit Error Rate	10^-6	10^-13
Figura de ruido	4 dB	8 dB
Máxima potencia recepción	-24 dBm	-20 dBm
Variación de los niveles de potencia y sensibilidad, según la temperatura ambiente, de -40 a -70 dBm	-10°C a +70°C	

Figura 34. CARACTERISTICAS DEL DIGLINK. FUENTE: <http://www.prototips-especiales.es/industrial/images/descargas/diglink-24S70.pdf>

1.4. ARQUITECTURA DE UNA RED GSM.

En este apartado se explicará las interfaces: Abis, Asub y A para la comunicación de los equipos del proveedor Siemens, BTSE: Base Transceiver station equipment, BSC: Base Station Controller y TRAU: Transcoding and Rate Adapter Unit. Las interfaces de la figura 35 representan la arquitectura de una red GSM (Group Special Mobile o Global System for Mobile

Communications). Estas interfaces fueron estandarizadas de modo que permitiera la operabilidad con otras redes y la utilización de diversos suministradores en su implantación.

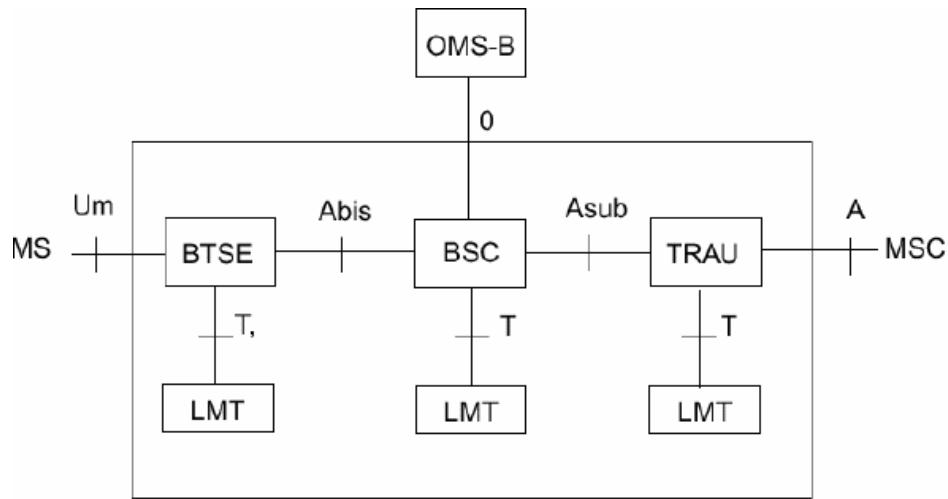


Figura 35. INTERFACES DE LA RED GSM. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

Se va a comentar las funciones principales de los equipos TRAU, BSC y BTSE, para posteriormente explicar las características más importantes de cada interfaz y así poder dar un concepto más claro de cómo se comunican los equipos BTSE, BSC y TRAU para poder llegar hasta el MSC: Mobile Switching Center.

1.4.1. TRAU: Transcoding and Rate Adapter Unit

La TRAU realiza la conversión entre el formato de voz utilizado en el subsistema radio y el empleado en el resto de la red (PCM ley A, a 64 kb/s). Se ubica en el emplazamiento de MSC para ahorrar capacidad de transmisión en la interfaz Asub. En Siemens las TRAUs se agrupan en bastidores equipados con 4 unidades (Normal Capacity) u 8 unidades (High Capacity). Aunque agrupadas en un mismo bastidor, cada TRAU es independiente de las demás. Dispone de un puerto PCM para la conexión con el BSC (interfaz Asub) y de 4 para la interfaz A hacia el MSC. Las funciones principales son: Transcodificación de las llamadas y adaptación de la velocidad de los datos de 16 a 64 kb/s, como se observa en la figura 36.

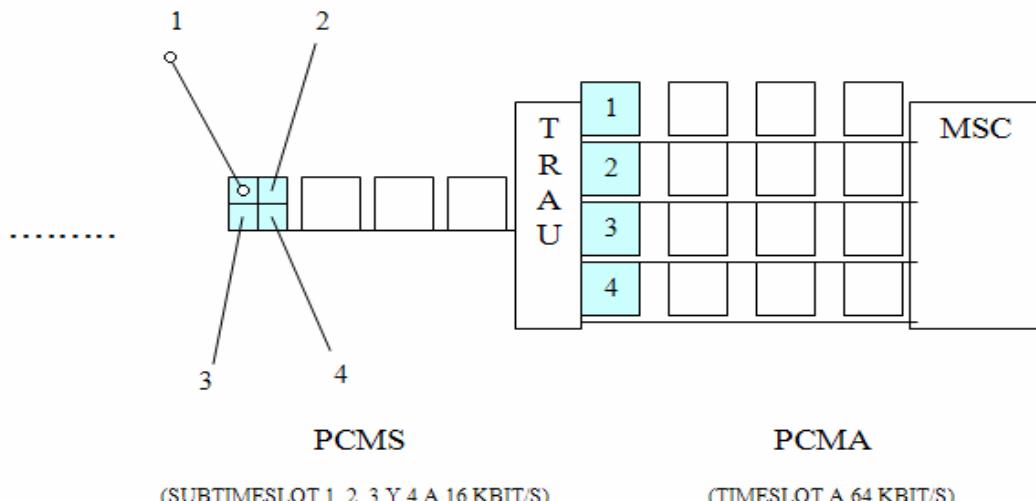


Figura 36. TRAU DE SIEMENS. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

1.4.2. BSC: Base Station Controller

Controla las BTSE conectadas a él y gestiona los recursos radio del sistema. Se conecta a las BTSE mediante la interfaz Abis y a las TRAUS mediante la interfaz Asub. Concentra el tráfico procedente de las interfaces Abis hacia la interfaz Asub. Las funciones principales son:

- Establece conexiones bajo demanda entre el Abis y el Asub. Además actúa como concentrador de tráfico.
- Gestiona y supervisa el resto de los elementos del BSS.
- Gestiona los recursos radio: asignación y liberación de canales radio
- Control de las llamadas y gestión de la movilidad
- Recopila información, elabora estadísticas radio

1.4.3. BTSE: Base Transceiver station equipment

Equipo donde residen las funciones de Tx/Rx radio para la comunicación con la estación móvil. Se conecta a la BSC mediante la interfaz Abis. En Siemens, la BTSE realiza además gran parte de los procesos asociados al handover (transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es suficiente). Esto hace que los recursos de señalización necesarios en el A-bis sean menores que en otros fabricantes. También realiza medidas del uplink, recolecta las enviadas por el móvil y efectúa el procesado de todas ellas. Detecta el cumplimiento de una condición de handover y envía a la BSC la lista de celdas candidatas y causa de handover.

1.4.4. INTERFAZ ABIS

Las BTSE se conectan a la BSC mediante interfaces de transmisión E1 a 2.048 Mb/s. Estos E1s generalmente llegan a la BSC a través de radioenlaces y en algunas ocasiones a través de líneas alquiladas. En la BSC cada línea de 2 Mb/s conectada a la BTSE se identifica como PCMB. La asignación que ocupan los time slots de tráfico y señalización en la línea de 2 Mb/s que sale de la BTSE han de coincidir con las del interfaz PCMB que llega a la BSC, tal y como se observa en la figura 37. El time slot 0 está reservado siempre para sincronización. La señalización y control de la BTSE se transfieren sobre el mismo time-slot del Abis, mediante el protocolo de nivel 2 LAPD: Link Acces Protocol – D channel Q.921.

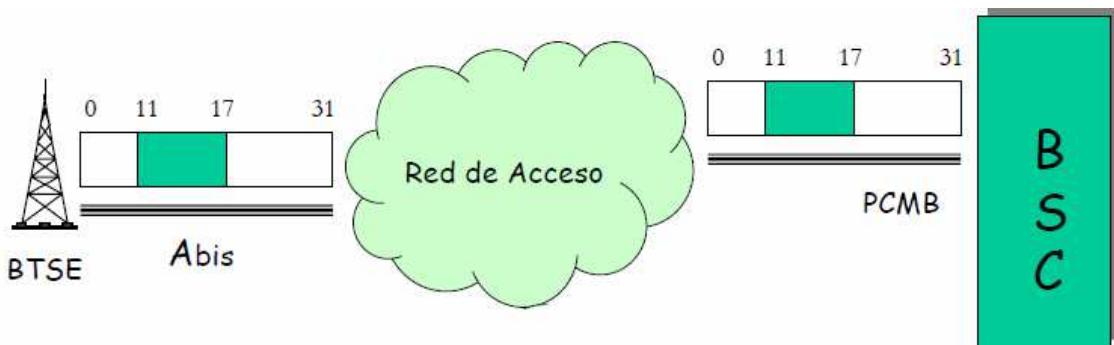


Figura 37. INTERFAZ ABIS. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

1.4.5. INTERFAZ ASUB

Designa la conexión entre la BSC y la TRAU utilizando el nivel físico E1. Al igual que en la interfaz Abis, estos E1s generalmente llegan a la BSC a través de radioenlaces y en algunas ocasiones a través de líneas alquiladas. Se denomina PCMS al enlace entre la BSC y la TRAU y a diferencia del PCMB en un time slot de 64kb/s se multiplexan 4 canales de tráfico a 16 kb/s. También es necesario reservar time slots para señalización y control.

1.4.6. INTERFAZ A

Establece la conexión entre la TRAU y la MSC a través del nivel físico E1 y a diferencia de las interfaces anteriores, estos E1s llegarán a la MSC a través de cableado ya que la TRAU se encuentra en la propia MSC. El enlace entre la TRAU y la MSC se denomina PCMA y cada canal de tráfico ocupa 64 kb/s. Por lo tanto, de un PCMS entrante en una TRAU pueden conectarse a la MSC hasta 4 PCMA. Al igual que en la interfaz Asub también es necesario reservar time slots para señalización y control.

2. BLOQUE : SUBSISTEMA DE ACCESO GSM

En este bloque se va a redactar los pasos necesarios para la implementación de una estación base de GSM. Se pretende con este documento que el lector obtenga una visión global de los trabajos que se desempeñan en una instalación de este tipo, así como la multitud de personas cualificadas que intervienen en cada parte del proyecto. Antes de comenzar con el ciclo de vida de un proyecto se va a explicar los conceptos de telefonía celular y potencia de emisión que servirán de apoyo para los posteriores apartados de este bloque. Además, se hará una breve introducción sobre la evolución de la tecnología GSM.

2.1. CONCEPTO DE TELEFONÍA CELULAR

La telefonía celular surge en respuesta a un problema: la limitación del ancho de banda disponible para los servicios de telefonía móvil, el cual viene fijado por organismos internacionales y por la concesión otorgada por la administración a los operadores. La principal consecuencia de este problema es el número limitado de canales disponibles para establecer comunicaciones de voz, es decir, que en la práctica las estaciones base sólo pueden cursar un número máximo determinado de llamadas al mismo tiempo. Para comprender este problema, pongamos un ejemplo: en una ciudad grande, sería teóricamente posible ubicar un único repetidor de telefonía móvil en un lugar muy predominante (en una torre de comunicaciones o un edificio muy elevado, por ejemplo) e intentar cursar todo el tráfico de todos los usuarios de telefonía móvil de la ciudad desde allí. Independientemente de otros múltiples problemas que tendríamos, habría uno irresoluble: existen varios centenares de miles de móviles en una gran ciudad, de los cuales varios miles pueden estar estableciendo una comunicación en un momento determinado. Para poder dar servicio a todos, serían necesarios miles de canales de voz de manera simultánea, lo cual es imposible.

Para combatir el problema se han desarrollado diversas técnicas, pero la más importante es la telefonía celular. La solución al problema del ejemplo anterior implica que no es posible utilizar un único repetidor para toda la ciudad, sino que es necesario dividir toda la superficie donde se quiera dar cobertura en pequeñas celdas o células (de ahí el nombre de la técnica), y en cada una de ellas se colocaría un repetidor de señal de menor potencia: se debe ubicar un gran número de pequeñas estaciones base. Cada uno de estos pequeños repetidores utiliza una pequeña parte del conjunto de canales disponibles, con los que daría servicio a los usuarios de telefonía móvil que se encontrasen en la zona donde se encontrase el repetidor. A su vez, en la célula vecina se utilizaría otro repetidor con un subconjunto de canales de voz diferente al primero (para evitar interferencias), y así sucesivamente hasta llegar a una celda en el que se acabarían los canales de voz disponibles. Sin embargo esta celda se encontrará normalmente lo bastante alejada de la primera como para poder reutilizar los mismos canales que se utilizan en la misma, ya que la señal proveniente de ella será lo bastante baja en potencia como para que no interfiera con la señal de los canales que se reemitan desde este repetidor.

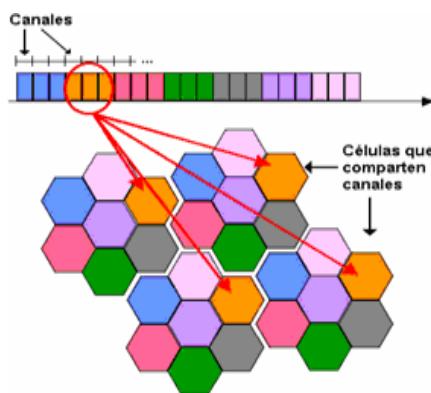


Figura 38. DISTRIBUCION DE CANALES EN CELDAS. FUENTE: <http://www.telefoniacelular.com.uy/>

2.2. POTENCIA DE EMISIÓN

Otro concepto importante, relacionado con el anterior, es el de la potencia de emisión de las estaciones base. En telefonía celular las estaciones base emiten con una potencia relativamente baja, precisamente por su cercanía con los objetivos de cobertura. Esta es una característica básica de los sistemas de telefonía móvil. Hay que tener en cuenta que las comunicaciones móviles son bidireccionales: al igual que la estación base debe poder comunicarse con un móvil, éste debe ser capaz de contestar. Dado que los móviles no pueden emitir a una alta potencia, ya que su batería es de baja capacidad, esto exige que un móvil debe encontrarse cerca de una estación base para poder establecer una comunicación. Como los móviles se encuentran cerca, las estaciones base no necesitan emitir a alta potencia utilizándose una potencia de emisión reducida para la comunicación en ambas direcciones. Es más, las celdas “reutilizan” los canales de comunicación precisamente por la lejanía relativa a las estaciones más próximas que usan los mismos canales (como se ha explicado en el punto anterior). Esto es así porque esa lejanía hace que la señal proveniente de ellas sea lo bastante baja como para no producir interferencias entre sí. Desde este punto de vista, es importante que las estaciones base emitan a la menor potencia posible para no producir ese efecto de interferencias en las estaciones base que usan sus mismos canales. Así pues, la potencia de emisión de las estaciones base se diseña con la potencia suficiente para que mantenga el nivel de señal mínimo exigible en la zona geográfica donde debe dar cobertura, y al mismo tiempo con la mínima potencia que cumpla esa condición. Es por ello que es tan importante que las estaciones base emitan con una potencia relativamente baja, ya que de no ser así la calidad de la red baja muchísimo.

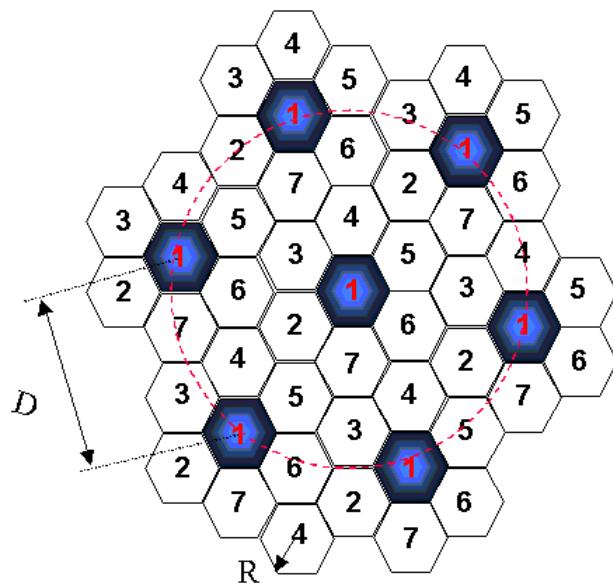


Figura 39. DISTANCIA DE REUTILIZACION: <http://www.telefoniacelular.com.uy/>

La siguiente expresión matemática relaciona la distancia de reutilización de los canales (D), radio de la célula (R) y patrón de reutilización (J). El patrón de reutilización de la figura 39 es $J=7$, por lo tanto, sabiendo D se puede obtener R o viceversa:

$$J = \frac{1}{3} (D/R)^2$$

Por otro lado, las operadoras deben garantizar ampliamente el cumplimiento de las exigencias establecidas por la normativa vigente en cuanto a potencias de emisión. Así mismo, en las zonas sensibles contempladas en el Real Decreto 1.066/2001, se realizan mediciones exhaustivas de los niveles de potencia encontrados en las mismas, obteniendo siempre resultados satisfactorios que también cumplen ampliamente la normativa vigente. Por otro lado, cabe comparar los niveles de potencia emitidos por las estaciones base de telefonía móvil y los emitidos por otros servicios a los que nos encontramos en general más acostumbrados, como la

T.V. o la radiodifusión. Las estaciones base emiten potencias del orden de decenas o centenares de watos, dependiendo de la estación. Las estaciones emisoras de TV y radio emiten habitualmente potencias del orden de miles e incluso millones de watos. La diferencia entre ambos tipos de instalaciones es enorme, ya que se encuentran varios órdenes de magnitud por encima.

2.3. EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA GSM

La segunda generación de redes móviles (G2) marcó un antes y un después, con la primera generación de teléfonos celulares al pasar de tecnología analógica a digital. **GSM** (Sistema global para las comunicaciones móviles): es el estándar más usado en Europa a fines de siglo XX y también se admite en el resto del mundo.

Este estándar comenzó utilizando las bandas de frecuencia de 900 MHz y utiliza TDMA (acceso múltiple por división en el tiempo). En la figura 40 se observa el funcionamiento de la tecnología TDMA. Como su traducción dice, es multiplexación por tiempo, esto es, si queremos enviar 3 canales por un mismo medio físico haciendo uso de TDMA, simplemente le asignaremos una duración temporal a cada canal, y se les cederá el medio físico a cada canal durante ese espacio de tiempo determinado. Muy usado en transmisiones digitales por cable, como en redes de computadores. Requiere métodos de sincronismo eficaces. Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los períodos en que éste no se utiliza.

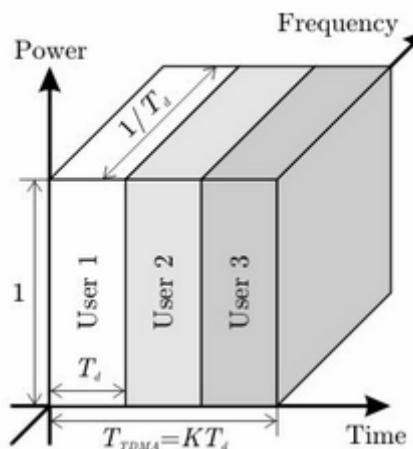


Figura 40. TDMA : TIME DIVISION MULTIPLEX ACCES. FUENTE: http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/14073460/tdma_fdma-y-cdma.html

Gracias a la G2 es posible transmitir voz y datos digitales de volúmenes bajos, por ejemplo, mensajes de texto (SMS, servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia (MMS, servicio de mensajes multimedia). El estándar GSM permite una velocidad de datos máxima de 9,6 kb/s. Se han hecho ampliaciones al estándar GSM con el fin de mejorar el rendimiento. Una de esas extensiones es el servicio GPRS (Servicio general de paquetes de radio) que permite velocidades de datos teóricas en el orden de los 114 kbs/s pero con un rendimiento cercano a los 40 kb/s en la práctica. Como esta tecnología no se encuentra dentro de la categoría "G3", se la llama G2.5. El estándar **EDGE** (Velocidades de datos mejoradas para la evolución global) anunciado como (**G2.5+?**), cuadriplica las mejoras en el rendimiento de GPRS (Servicio general de paquetes vía radio) con la tasa de datos teóricos anunciados de 384 kb/s, por lo tanto, admite aplicaciones de multimedia. Las especificaciones IMT-2000 (Telecomunicaciones móviles internacionales-2000) de la Unión internacional de telecomunicaciones (ITU) definieron las características de la **G3** (tercera generación de telefonía móvil). Las características más importantes son: alta velocidad de transmisión de datos y compatibilidad de los servicios móviles de G3 con las redes de segunda generación. La G3 ofrece velocidades de

datos de más de 144 kb/s y de este modo brinda la posibilidad de usos multimedia, por ejemplo, transmisión de videos, video conferencias o acceso a Internet de alta velocidad. Las redes de G3 utilizan bandas con diferentes frecuencias a las redes GSM, 1885 a 2025 MHz y 2110 a 2200 MHz. El estándar G3 más importante que se usa en Europa se llama **UMTS** (Sistema universal de telecomunicaciones móviles) y emplea codificación W-CDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha). En la figura 41 se observa el funcionamiento de la tecnología CDMA. La tecnología UMTS usa bandas de 5 MHz para transferir voz y datos con velocidades de datos que van desde los 384 kb/s a los 2 Mb/s. El **HSDPA** (Acceso de alta velocidad del paquete de Downlink) es un protocolo de telefonía móvil de tercera generación, apodado "G3.5", que puede alcanzar velocidades de datos en el orden de los 8 a 10 Mb/s. La tecnología HSDPA usa la banda de frecuencia de 5 GHz y codificación W-CDMA. Se considera el paso previo antes de la cuarta generación (G4).

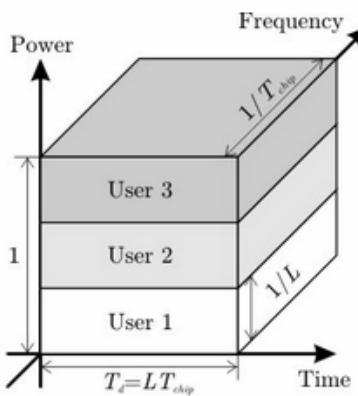


Figura 41. CDMA : CODE DIVISION MULTIPLEX ACCES. FUENTE: http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/14073460/tdma_fdma-y-cdma.html

En la figura 42 se observa la evolución del GSM hasta llegar al protocolo de G3 HSDPA.

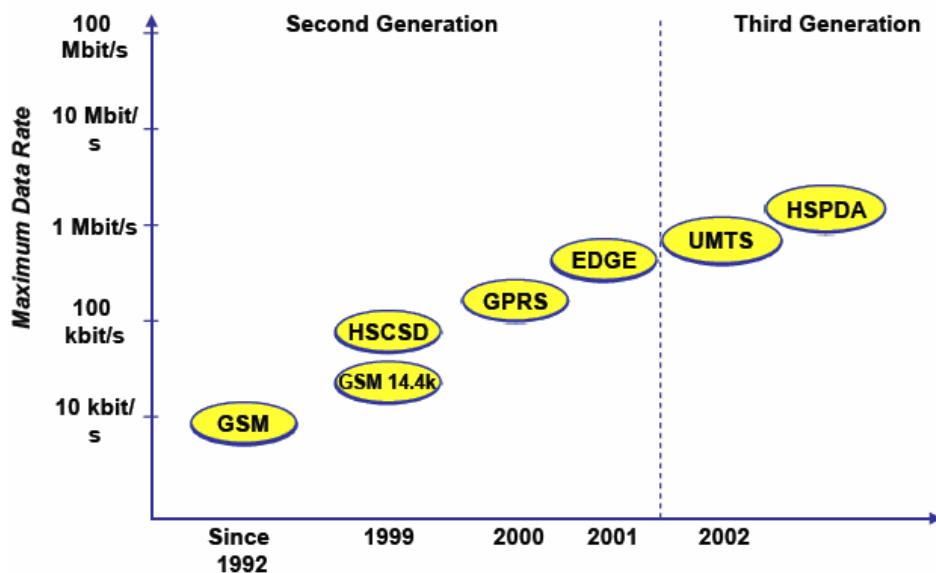


Figura 42. EVOLUCION DEL GSM. FUENTE: LIBRO RADIACION Y COMUNICACION

2.4. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

Como en todo proyecto, existe un ciclo de vida y unas etapas que deben ejecutarse una tras otra en orden. No se puede dar paso por ejemplo al diseño técnico del punto si aún no se ha regularizado el aspecto legal de la instalación, ya que posiblemente se cancele el punto por

reticencias de la propiedad o problemas de licencias con el ayuntamiento. Por ello, se debe respetar cada paso en el ciclo de vida del proyecto para evitar la perdida de tiempo y recursos en un trabajo que no tenemos seguridad de que vaya a salir adelante. Sin embargo, hay algunos trabajos que si permiten su ejecución en paralelo, en el siguiente esquema vemos el proceso completo:

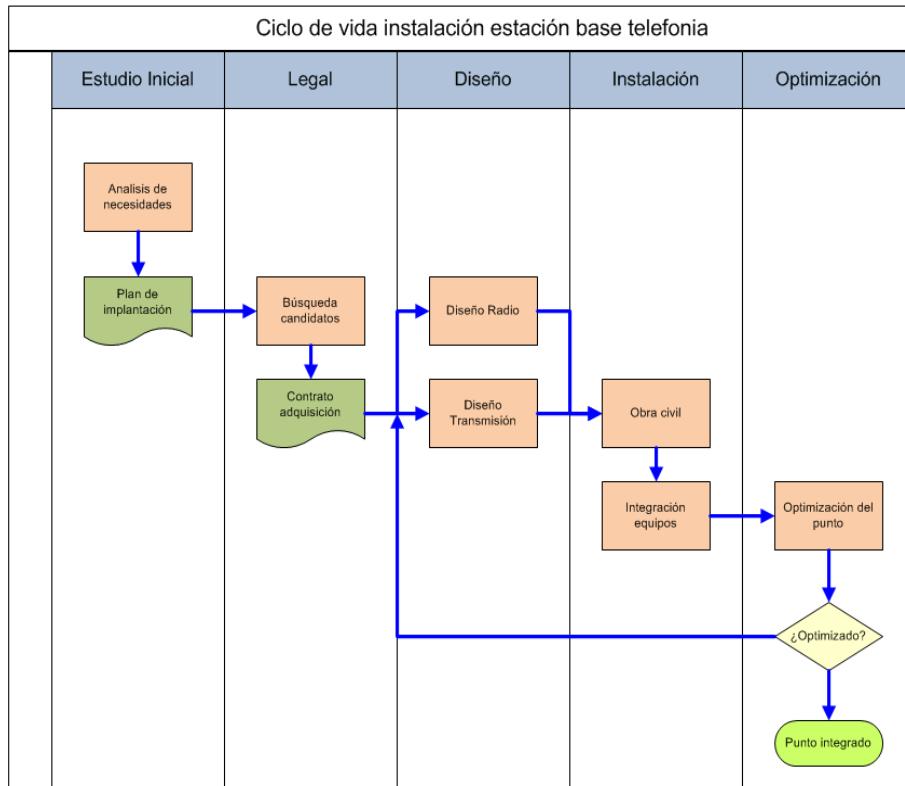


Figura 43. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

Algunos puntos pueden ejecutarse en paralelo como sucede por ejemplo en la fase de diseño, sin embargo, no se puede realizar la integración del equipo si no existe una adecuación (obra civil) hecha en el emplazamiento o no se pasa a la búsqueda y adquisición del emplazamiento si no tenemos un área de necesidad extraída del plan de implantación. En los siguientes capítulos, vamos a describir las tareas que se desempeñan en cada parte del proceso, centrándonos en la parte más técnica (diseño e instalación), dejando más de lado las tareas de legalización e implantación que se encuentran fuera del alcance de este documento.

2.4.1. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN

Todos los operadores de telefonía están continuamente mejorando su red, ampliando sus equipos, actualizando el hardware viejo con las tecnologías, que van saliendo cada día y que permiten aprovechar de forma más eficiente el espectro radioeléctrico, traduciéndose en una mayor capacidad de la red que se traslada a sus clientes. La mejor forma de ampliar la cobertura es instalando nuevos nodos en la red, por lo que continuamente se buscan zonas “muertas” donde se detecta los puntos donde es necesaria la instalación de una nueva estación. A veces este estudio es simple y salta a la vista la necesidad de una nueva antena en un barrio de nueva construcción donde antes no había nada o líneas de comunicación (carretera o ferroviaria) donde el flujo continuo de pasajeros amortiza la instalación de nuevos puntos a lo largo del recorrido. Una vez detectado el objetivo, se cierra el plan y se pasa al departamento de adquisiciones para la obtención del emplazamiento.

2.4.2. EL DEPARTAMENTO LEGAL

La labor del departamento legal de las operadoras es vital y a menudo tienen que luchar con operadores y organismos para mantener en pie las instalaciones. Sus tareas van desde la negociación del contrato de arrendamiento del espacio necesario, hasta la tramitación de licencias de obra y legalización del punto. En base del plan de implantación elaborado en la etapa anterior, se destina a la zona a un agente adquisidor que localizará en el radio de búsqueda las propiedades que puedan estar interesadas en arrendar parte de su espacio al operador. Con ellos elaborará una lista de puntos potencialmente candidatos a acoger los equipos. Los adquisidores deben de negociar con la propiedad los términos y condiciones del contrato por el que se cede el espacio necesario. Dependiendo de la calidad del punto la renta varía, ya que al igual que con un inmueble, no cuesta lo mismo el m² en el centro de Madrid que una zona rural. Para hacernos una idea, en zonas céntricas se puede llegar a pagar 7.000 € anuales, mientras que en zonas poco pobladas o rural la cifra queda por debajo de los 1.000 €.

2.4.3.EL REPLANTEO

El equipo de ingenieros realizará una visita a cada punto candidato para valorar la viabilidad de cada punto, desestimando aquellos no viables ya sea por falta de espacio, desacuerdo con la propiedad sobre los equipos a instalar o la calidad/preferencia desde el punto de vista técnico. Esta visita es comúnmente llamada replanteo. Una vez conocido el emplazamiento, se encargará un estudio donde se detallen los trabajos de ingeniería civil a realizar, con el fin de asegurar la viabilidad y seguridad de todas las partes. En este estudio se toma en cuenta por ejemplo, la dimensiones de la azotea, pilares donde apoyar la bancada que soportará el peso, suministro eléctrico disponible en el emplazamiento o elementos de seguridad necesarios para las labores de instalación y mantenimiento.

2.4.4.DISEÑO RADIO

Para la comunicación de la estación con los usuarios/clientes se utiliza el medio aéreo, la llamada interfaz radio. A través de ella viajará la información por lo que resulta imprescindible una correcta configuración y definición de parámetros radio. Veamos un ejemplo del vano AND0599M que va entre los extremos ANDR0013 y ANDR0006. Ambos extremos deben estar configurados de tal manera que puedan entenderse entre ellos, especialmente en frecuencia y potencia recibida. En las figuras 44 y 45 se observan los parámetros de frecuencia y potencia de cada extremo del AND0599M. Ambos extremos entregan a la antena una potencia de 7 dBm y reciben -40 dBm el ANDR0013 y -39 dBm el ANDR0006. Una variación de recepción de campo de 5 dBm puede provocar errores en la trama y por lo tanto afectaría a la calidad de la comunicación. En este ejemplo la configuración en frecuencia es correcta, ya que la frecuencia de transmisión de un extremo es la frecuencia de recepción del otro extremo y viceversa. Otro aspecto a tener en cuenta en el diseño radio es el sistema radiante. El sistema radiante, también denominado antenas, está compuesto por un conjunto de elementos que transmiten y reciben señales de radio. Las antenas deben estar orientadas adecuadamente para ofrecer servicio a una determinada área. En el apartado 2.4 se entrará en más detalles sobre los sistemas radiantes.

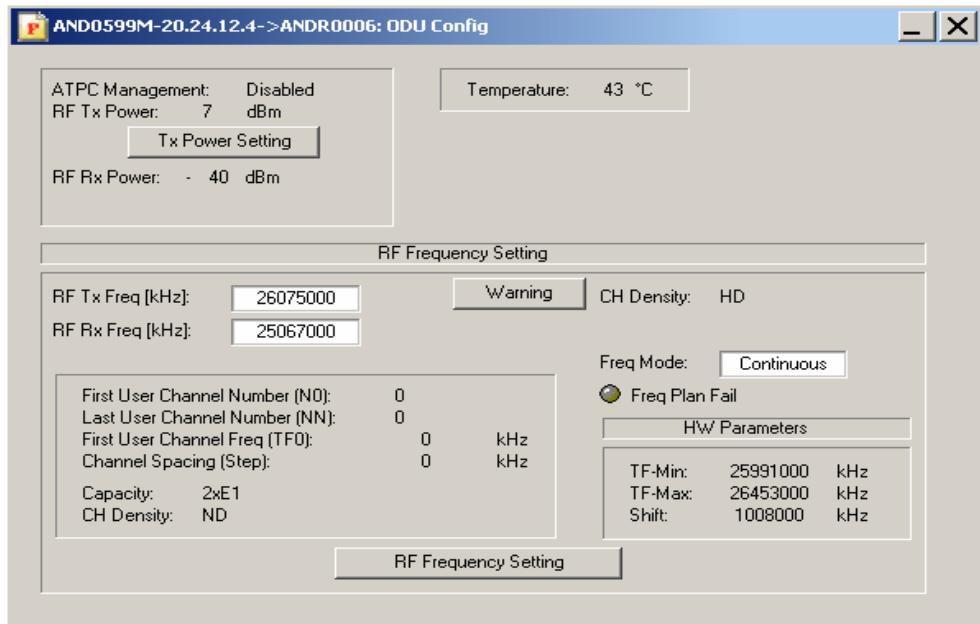


Figura 44. CONFIGURACION EXTREMO ANDR0013. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

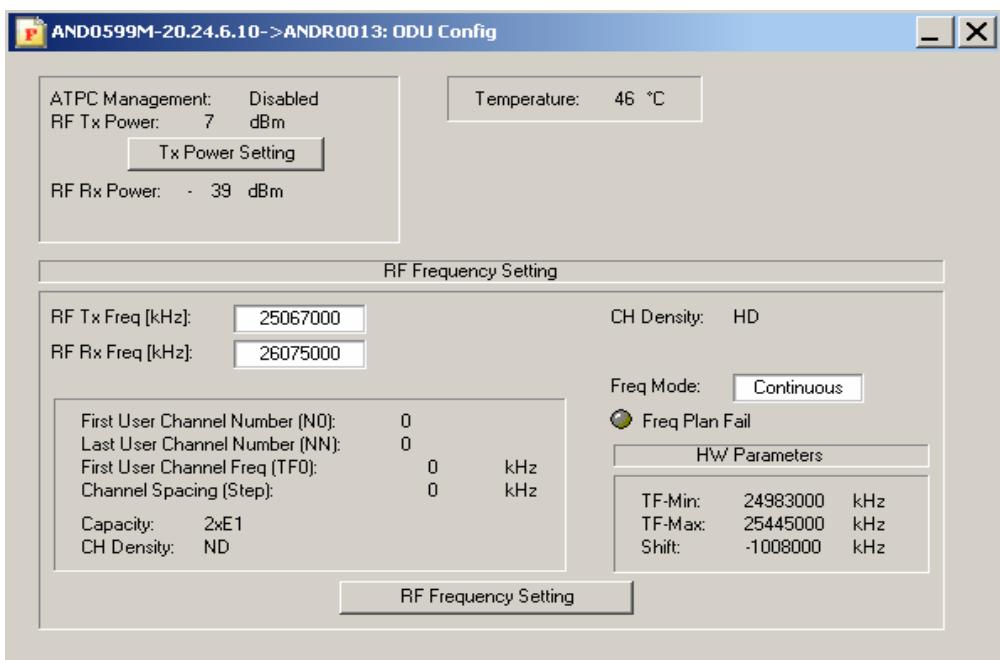


Figura 45. CONFIGURACION EXTREMO ANDR0006. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

2.4.5.DISEÑO DE TRANSMISION

Para poder comunicarse con un usuario que se encuentra a miles de kilómetros, es necesario que la estación que le ofrece cobertura este conectada a la red para establecer así un enlace. Por ello, surge la necesidad de asignar en la red de acceso los recursos necesarios cada vez que se integra una nueva estación. La red de acceso comprende todos los equipos y tramos necesarios para llegar hasta el primer controlador de red (BSC o RNC según tecnología). El equipo de ingeniería de transmisión será el encargado de dar salida hacia la red a todo el tráfico que genere el nodo. La capacidad mínima que se suele instalar es de 2Mb/s (E1), aumentando los E1s según la necesidad. Actualmente se ha avanzado mucho en este sentido y los nodos ya incorporan soluciones IP puras que proporcionan al nodo una mayor capacidad de transporte, cada día más necesario por la gran demanda de transmisión de paquetes que exige el usuario. Es típico hoy en

día ofrecer en un nodo 2 o 3 E1 para el transporte de voz a través de la red ATM y una línea IP a través de par de cobre conectada a un DSLAM o FastEthernet sobre equipos IP puros que soportaran el tráfico de datos. Hay dos formas básicas de dar esta salida, por medio de un radio enlace o por fibra óptica. Dependerá de la situación del nodo, su posible ampliación en un futuro o la finalidad del emplazamiento, el cual podría usarse con hub de transmisión en el que se concentre el tráfico de otras estaciones. Muy importante es también la política del operador, ya que siempre sería preferible usar fibra por su gran capacidad y fiabilidad, aunque el coste económico es mayor que un radio enlace y puede no ser rentable. Tras elegir el medio debe de encontrar una ruta óptima hasta el elemento de red de jerarquía superior (RNC o BSC), así como con los circuitos reserva en caso de que el principal falle. Es habitual que el ingeniero de transmisión sea también el que asigne los recursos en los diversos elementos de red (switch ATM, RNC, BSC, DXX...). En la figura 46 se observa un esquema de red con los equipos y tecnología indicados anteriormente.

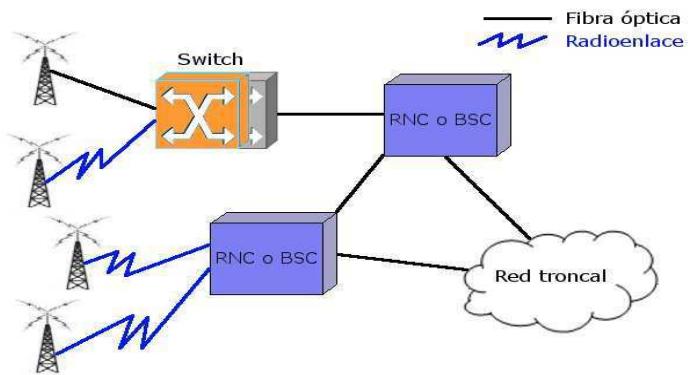


Figura 46. ESQUEMA DE RED: BBDD DE ORANGE

En la fase de diseño de un nodo, no es necesaria la asignación de recursos en la red troncal, ya que la transmisión necesaria ya está establecida. Hablamos de los anillos de larga distancia que interconectan los controladores de red, pasarelas a otra redes (red fija, Internet, otros operadores...).

2.4.6. INSTALACION

Además de la propia instalación del equipo, es esta fase es necesaria una adecuación del terreno donde se instalarán equipos. En ocasiones es necesaria la construcción de una bancada de hormigón donde ubicar el bastidor del equipo si se trata de un equipo de intemperie o la instalación de unas vigas de apoyo si se trata de una caseta en una azotea. Estas tareas de obra civil pueden necesitar el montaje de una torre de comunicación, y/o instalación de mástiles para la colocación de antenas y radio enlaces. Cada emplazamiento necesita de unas actuaciones y es lo que se pretender concretar en el replanteo citado anteriormente. Tras la obra civil, el proveedor ya tiene dispone de los elementos necesarios para instalar los equipos. Realizará la integración y configuración de los mismos según los datos de radio y transmisión que salieron en la fase de diseño anterior. Una vez terminados los trabajos, se puede decir que la estación está integrada.

2.4.7. OPTIMIZACION

Cualquier operador que requiere un mínimo de calidad en su red y por lo tanto mantiene bajo control cada nueva instalación durante unos días en el cual se confirma la correcta integración de la estación en la red. Para ello se monitorizan las estadísticas del nodo, tales como los traspasos entre celdas o sectores según tecnología, llamadas caídas, conexiones con éxito, etc. Si durante esta fase se detectaran problemas, se lleva el emplazamiento de nuevo a la fase de diseño, se modifica los parámetros que empeoran la calidad y se revisa de nuevo tras

unos días de prueba. En el bloque 3 se entrará en detalles en los parámetros de calidad y disponibilidad que debe cumplir una red de comunicación.

2.5. SISTEMA RADIANTE

Está compuesto por el conjunto de elementos que transmiten y/o reciben las señales radio, comúnmente denominadas antenas. Existen diversos tipos de antenas dependiendo de la banda de frecuencias (GSM 900 MHz, DCS 1800MHz o UMTS 2100 MHz) en la que opera la estación base. A mayor frecuencia, menor es la longitud de las antenas necesarias para transmitir y/o recibir señales radio; es por ello por lo que las antenas GSM existentes en el mercado tienen unas longitudes mayores que las necesarias para operar en frecuencias DCS y UMTS. En entornos urbanos y suburbanos, las antenas deben estar orientadas adecuadamente para ofrecer servicio a una determinada área, utilizando para esta finalidad antenas direccionales, es decir, antenas que emiten y reciben señal mayoritariamente orientada hacia una dirección. En cualquier caso, no debe confundirse con la direccionalidad estricta de los radioenlaces utilizados en los sistemas de comunicaciones punto a punto. Por los motivos anteriormente expuestos, el sistema radiante de una estación urbana o suburbana suele estar subdividido en sectores, cada uno de ellos dando cobertura a una determinada área, que habitualmente responde a 120° en acimut, de modo que con tres sectores se cubren los 360° en sentido horizontal. Cada estación base suele tener habitualmente 2 o 3 sectores, siendo el caso de 3 sectores lo normal en núcleos urbanos. En cada sector existe un sistema transmisor/receptor que puede ser implementado utilizando diferentes tecnologías, cada una de las cuales tiene sus peculiaridades. Históricamente, las configuraciones de los sistemas de antenas se basaban en diseños de 3 antenas por sector, 2 de ellas receptoras y una de ellas transmisora, caso habitual de los primeros emplazamientos. Las antenas receptoras se disponían de manera que se garantizara una separación mínima de aprox. 5 metros entre ellas para aumentar la ganancia directiva de conjunto y permitir una disminución de la potencia radiada por el terminal móvil. Por otro lado, las nuevas tecnologías permiten incorporar diseños basados en antenas **crosspolares** que permiten la recepción de señales a través de dos polarizaciones distintas, además de simultanear transmisión y recepción permitiendo por tanto utilizar una única antena por sector para alcanzar calidades y eficiencias similares a los diseños inicialmente empleados. Estas antenas tienen la peculiaridad de ser algo más aparatosas que las anteriores debidas precisamente a que en cada una de ellas se integran funcionalidades que antes requerían 3 antenas diferentes. Otro de los conceptos importantes a resaltar es la ganancia de las antenas. Pueden distinguirse 2 tipos de antenas según su ganancia, las antenas de media ganancia y las antenas de alta ganancia. Las segundas son algo más grandes que las primeras. Es por ello precisamente por lo que permiten dar mayor cobertura utilizando menores potencias transmitidas. Así mismo, las antenas utilizadas, se caracterizan por tener un perfil directivo, aunque muy inferior al de los radioenlaces, comportándose como un elemento pasivo que no tiene capacidad para amplificar la potencia recibida. Por tanto, una antena, además de constituirse como un buen elemento de transición entre dos medios (coaxial y aire libre), se encarga de realizar un reparto controlado y direccional de la energía que recibe. La orientación de la antena es por tanto factor fundamental para conseguir un servicio adecuado sobre todo en zonas urbanas o suburbanas. En la figura 47 se observa un ejemplo de un diagrama típico de una antena GSM utilizada en entornos urbanos y suburbanos (estaciones sectorizadas):

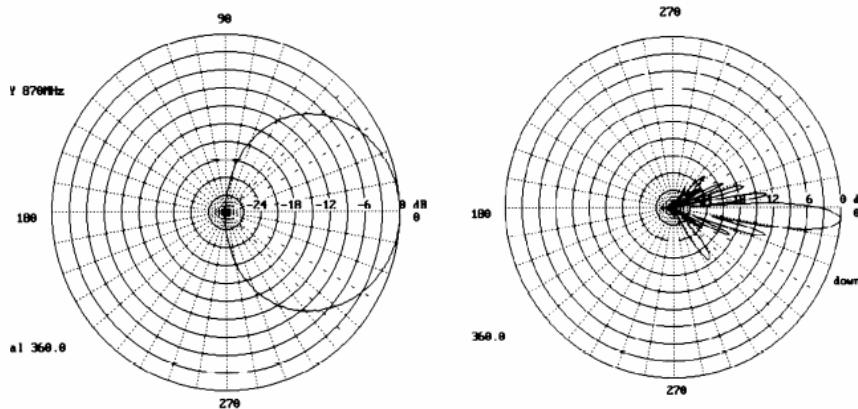


Figura 47. DIAGRAMA PLANO HORIZONTAL Y VERTICAL. FUENTE: <http://www.redeweb.com>

Las antenas deberán estar ubicadas en lugares en los que no existan obstáculos entre la propia antena y la zona que se va a dar cobertura. En caso contrario, se necesitará un aumento considerable de la potencia transmitida, tanto por la estación base como por los terminales móviles, que normalmente incurrirá en una degradación extrema del servicio hasta tal punto de que este sea inviable. En la figura 48 se observan las características más relevantes de los sistemas radiantes que utilizan la tecnología GSM.

SISTEMA DE RADIO GSM			
Frecuencias de funcionamiento	Transmisión de MS	890 a 915 MHz	
	Recepción de MS	935 a 960 MHz	
Ancho de Banda	70 MHz	Numeración de canales de 0 al 124	$f(n) = 890 + 0,2(n)$ UL $f(n) = 935 + 0,2(n)$ DL
Modulación	GSMK	$B_b = 0,3$	Velocidad de modulación 270 Kbit/s en RF
Polarización	Vertical		
Información a transmitir	Telefonía y datos		

Figura 48. SISTEMA RADIANTE TECNOLOGIA GSM. FUENTE: <http://www.redeweb.com>

Gracias a la constante y creciente evolución que la tecnología asociada al sector de la telefonía móvil viene experimentando día a día, se trata de incorporar en todo momento las nuevas tecnologías a los emplazamientos futuros y en la medida de lo posible a los existentes, apostando por la minimización del impacto visual producido por las estaciones. Por este motivo, nuevas antenas con tecnologías duales (permiten al mismo tiempo los servicios GSM y DCS) y tribanda (permiten al mismo tiempo el servicio GSM, DCS y UMTS), así como nuevas configuraciones posibilitan que los diseños actuales sean cada vez más compactos y depurados. Los nuevos diseños tratan de incorporar en todo momento antenas que permiten la transmisión y recepción de los servicios GSM, DCS y UMTS, incorporando una única antena por sector, salvo aquellos casos en los que por limitaciones tecnológicas, la viabilidad del diseño no es posible. Así mismo, destacar que para espacios abiertos como entornos rurales, en los que no existen problemas de interferencias entre frecuencias y la cantidad de usuarios de la zona no es muy elevada, se dispone de antenas omnidireccionales que permiten mediante configuraciones basadas en una o dos antenas por emplazamiento (no por sector) ofrecer el servicio demandado. Estas antenas son sensiblemente más discretas visualmente que las antenas direccionales, sin

embargo, su utilización en espacios urbanos densos es inviable debido a los problemas que ocasionan para la reutilización de frecuencias (recordar que las frecuencias que cada operadora dispone son limitadas, siendo necesaria la reutilización de las mismas). Dependiendo del escenario, tenemos una multitud de modelos de antena disponibles, cada una con unas características que se ajustan a las distintas necesidades. En la figura 49 se observa las características de las antenas en función de la frecuencia que se utilice.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS*					
Frequency range (MHz)	824-960	880-960	1710-1880	1850-1990	1900-2170
Frequency band (MHz)	824-896	15.2/13.1	17.5/15.4	17.7/15.6	18/15.9
Gain (dBi/dBd)	14.6/12.5				
Polarization	Dual linear ±45°		Dual linear ±45°		
	50		50		
VSWR	<1.5:1		<1.5:1		
Horizontal beam width, -3 dB (°)	69	67	65	65	62
Vertical beam width, -3 dB (°)	14.9	13.7	6.9	6.6	6.2
Electrical down tilt (°)	2 to 12		0 to 8		
Side lobe suppression, vertical 1st upper (dB)	>18,17,16,16,15,15@ 2.4,6.8,10,12*	>18,17,16,16,15,15@ 2.4,6.8,10,12*	>18,18,16,15,14@ 2.4,6.8*	>18,18,16,15,14@ 2.4,6.8*	>18,18,16,15,14@ 2.4,6.8*
Isolation between inputs (dB)	30	30	30	30	30
Inter band Isolation (dB)	40		40		
Tracking, horizontal plane ±60° (dB)	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0	<2.0
First null fill (dB)	<-25	<-25	<-25	<-25	<-25
Vertical beam squint (°)	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
Front to back ratio (dB)	>27	>27	>27	>27	>27
Front to back ratio, total power (dB)	>24	>24	>24	>24	>24
Cross polar discrimination (XPD) 0° (dB)	15	15	20	20	20
Cross polar discrimination (XPD) ±60° (dB)	10	8	7	> 7	> 7
Far field coupling	<0.33	<0.48	<0.62	<0.62	<0.62
IM3, 2xTx@43dBm (dBc)		<-153		<-153	
IM7, 2xTx@43dBm (dBc)	-			<-160	
Power handling, average per input (W)	300			250	
Power handling, average total (W)	600			600	

Figura 49. CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS . FUENTE: <http://www.redeweb.com>

La inclinación de las antenas, llamado down-tilt, determinará la distancia hasta donde cubrirá nuestra celda. Aquí entra en juego el ancho de haz vertical de la antena elegida. De esta forma, considerando un terreno llano, una vez determinada la distancia, la altura de las antenas y su haz verticales, estamos en disposición de calcular el tilt necesario. Si el terreno estuviera hacia abajo, el tilt habría de ser mayor para compensar la variación de altura. Para calcular el tilt es necesario conocer la altura del terreno donde está la estación base y del borde de la celda, el ancho de haz vertical y la distancia a la que queremos llegar, tal y como se observa en la figura 51 El grado de inclinación viene dado por la ecuación de la figura 50.

$$\beta = 90^\circ - \arctan \left(\frac{1}{(H_{ant} + H_{terreno_antena}) - H_{terreno_borde_celda}} * D_{borde_celda} \right) + Factor_Haz * AnchoDeHaVertical$$

Figura 50. ECUACION TILT. FUENTE : BBDD SIEMENS

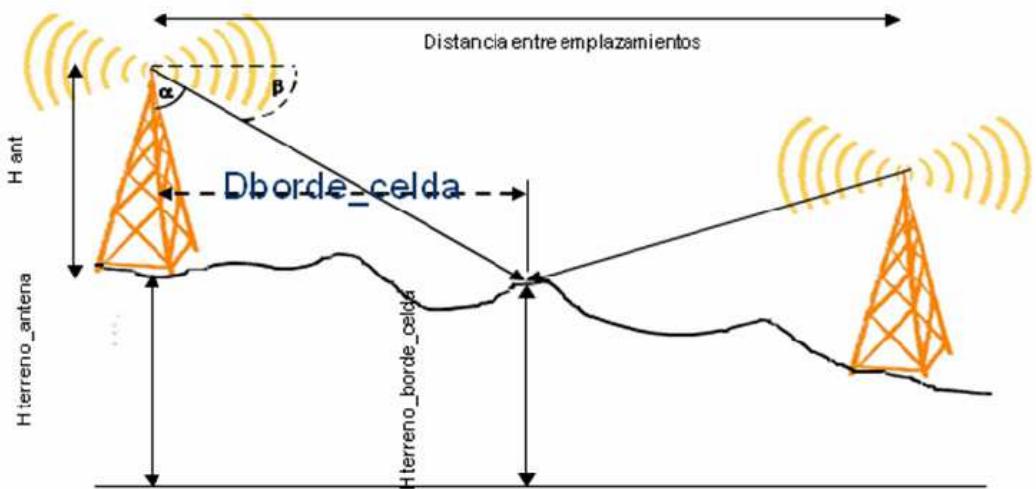


Figura 51. CALCULO DEL TILT. FUENTE: BBDD SIEMENS

2.6. MINIMIZACION DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Existen distintas técnicas para minimizar el impacto paisajístico y medioambiental de las instalaciones como las que a continuación se detallan.

Se incorpora, en aquellos emplazamientos en los que es posible, antenas duales o tribanda que permiten aunar las diversas tecnologías existentes (GSM, DCS y UMTS), se procura en todo momento hacer uso de este tipo de antenas con el objetivo primordial de disminuir al máximo el número de antenas de cada emplazamiento y por consiguiente su impacto visual. Se incorporan antenas no sectoriales (omnidireccionales) en aquellos emplazamientos situados en entornos no urbanos densos. Estas antenas tienen perfiles menos directivos y dimensiones muy reducidas en cuanto a su anchura. Este tipo de antenas se integran fácilmente en el entorno aunque debido precisamente a su omnidireccionalidad no es posible técnicamente integrarlas en entornos urbanos densos, atendiendo sobre todo a razones de capacidad de este tipo de emplazamientos y a los planes de frecuencia necesarios para la reutilización de las mismas.

Existen además diversas técnicas utilizadas para minimizar la potencia emitida en todo momento como el control de potencia y la transmisión discontinua, conocida también como DTX. El funcionamiento del control de potencia se basa en las medidas que continuamente realizan el terminal móvil y la estación base del nivel de señal recibido y de la calidad del enlace. En función del resultado de estas medidas se regula la potencia mínima necesaria para mantener la comunicación con una calidad fiable. Por otra parte, la estación base sólo transmite potencia cuando hay información que transmitir, esto es, cuando el usuario del teléfono móvil está hablando. El resto del tiempo el transmisor permanece inactivo y sólo funciona el receptor. Esto es lo que se conoce como transmisión discontinua. En una llamada típica de voz, cada interlocutor sólo habla en media el 50% del tiempo, ya que en principio, el otro 50% está escuchando. De esta manera, la estación base sólo emite durante el 50% de la comunicación, reduciendo a la mitad la exposición a campos electromagnéticos. Además, se aprovechan también los silencios entre palabras, durante los cuales la estación base no transmite, es decir, en media sólo se transmite durante aproximadamente el 35% del tiempo de la comunicación, minimizando notablemente los niveles de exposición. Como resultado total, la reducción de potencia en esta estación base en una conversación es un 85% inferior a la potencia máxima que puede transmitir.

La ubicación de los elementos integrantes de las estaciones se escogen de manera que causen las menores molestias posibles a las comunidades de propietarios, de tal manera que se trata de evitar en todo momento afecciones a zonas comunes utilizadas para otros menesteres y además, se tiene en cuenta enormemente el impacto visual producido por la misma, el cual se trata en todo momento de minimizar. Cuando las condiciones de los emplazamientos lo permiten, se habilita cuartos interiores para la colocación de los equipos. Los elementos constituyentes de las estaciones base se mimetizan de manera que se armonicen en la medida de lo posible con los colores del emplazamiento en el que se encuentran. Cuando por razones de diseño es posible, los operadores intentan llegar a acuerdos entre ellos para ubicar estaciones en emplazamientos compartidos, consiguiendo de esta manera reducir el número de emplazamientos en el entorno. En la figura 52 se observa un sistema con diversidad espacial y en la figura 53 un sistema con antenas tribanda. Entre las dos figuras se puede observar la mejora en el impacto medioambiental.



Figura 52. SISTEMA CON DIVERSIDAD ESPACIAL. FUENTE: BBDD DE SIEMENS



Figura 53. SISTEMA CON TRIBANDA. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

2.7. INTEGRACION DE LA ESTACION BASE EN LA RED DE GSM

Suponiendo que el objetivo de la integración de la estación base sea el de dar cobertura a una zona determinada y no tanto aumentar la capacidad de tráfico se utilizará la tecnología GSM de 2G, gracias a la cual podremos tener un radio de cobertura mayor al tener un atenuación más baja en la distancia que la tecnología DCS (menor frecuencia, menor es la atenuación). Existen distintos proveedores que nos pueden facilitar una solución óptima (Ericsson, Siemens, Nokia...) pero a nivel práctico el ingeniero no podrá elegir que marca instalar, ya que los operadores suelen tener acuerdos con proveedores en los que ya están fijados los equipos que se pueden instalar en una determinada región. La principal función de la BTSE es el tratamiento de la señal radio que se transmite a través de las antenas. Es la encargada de la modulación de la señal así como controlar la potencia de emisión. Las funciones más inteligentes como norma general, son gestionadas desde otros elementos de la red siendo la BTSE controlada por estos. Suponiendo que la zona a cubrir no curse mucho tráfico, se instalarán 2 TRX (transceiver) por sector y en caso de necesitar mas capacidad siempre se puede ampliar. Una vez decididos los sistemas que vamos a usar, debemos hacer un estudio de la zona para determinar que canales (frecuencias) se van utilizar en el nuevo emplazamiento. Con el fin de evitar las temidas interferencias, estos no deben coincidir con los asignados a las estaciones vecinas por lo que el ingeniero radio debe de tener especial cuidado en este punto.

En la figura 54, se muestra una situación ficticia de cómo podrían estar repartidas las estaciones en la zona y el radiocanal asignado a cada sector. Estos canales como hemos mencionado, no deben coincidir, aunque en zonas con una alta densidad es difícil cumplir este criterio ya que el espacio radioeléctrico está limitado y cada operador tiene asignado un número de canales fijo.

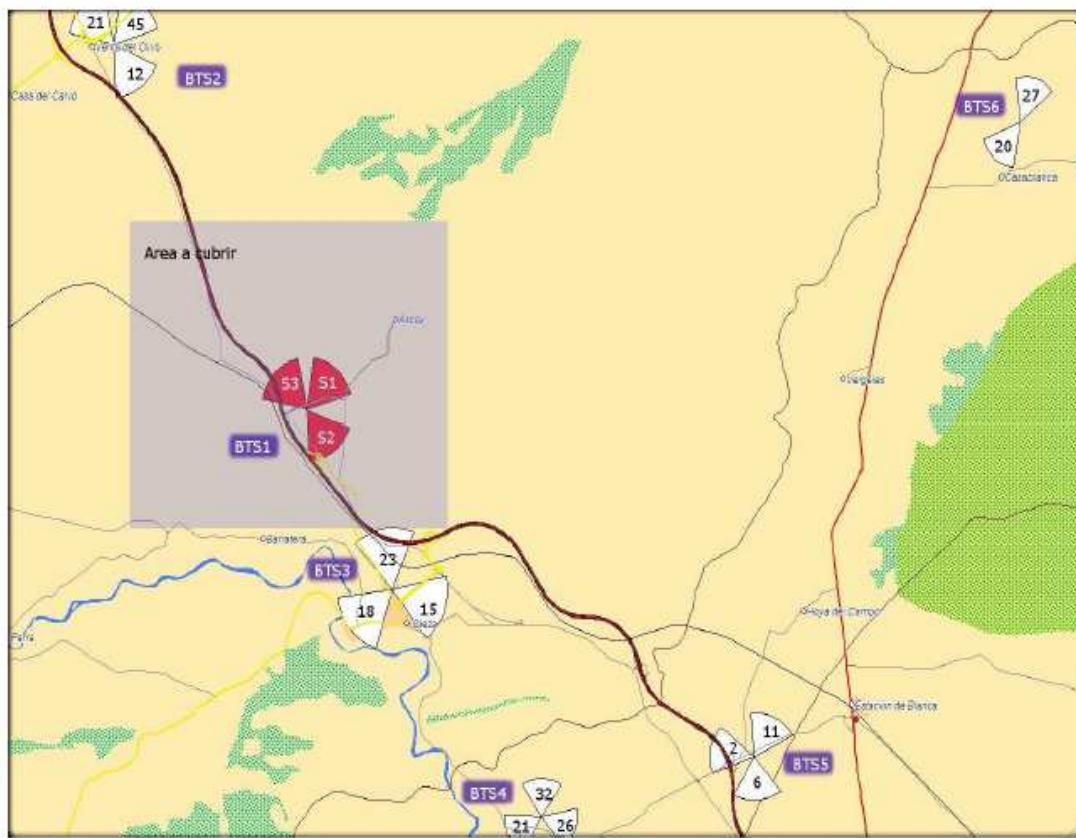


Figura 54. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS. BBDD: SIEMENS

En nuestro ejemplo vemos como la BTS2 y BTS4 están radiando con el canal 21, aunque no hay peligro de interferencia ya que hay una distancia considerable entre ellas y los sectores no radian hacia la misma zona. En nuestro caso, en el Sector 1 podríamos reutilizar el canal 6 de la BTS5, sector 2 asignaremos el 27 y el sector 3 canal 14. Para que sea verdaderamente móvil, debemos de decirle a la red que sectores va a tener nuestra nueva estación como vecinos, para que sepa que canales buscar cuando estemos en movimiento y necesitemos hacer un traspaso de llamada de una estación a otra (handover). Son las llamadas relaciones de vecindad. En ellas tenemos que indicar a cada sector cuales son las celdas vecinas a las que puede conectarse un terminal en caso de que una llamada iniciada en nuestra estación pierda calidad, o lo que es lo mismo, se está alejando. En el ejemplo de nuestro caso:

Vecinas de BTS1_S1: BTS1_S2, BTS1_S3, BTS2_S1, BTS2_S2, BTS6_S1, BTS6_S2, BTS3_S1, BTS3_S3, BTS4_S1, BTS5_S1, BTS5_S2.

Vecinas de BTS1_S2: BTS1_S1, BTS1_S3, BTS2_S2, BTS3_1, BTS3_2, BTS3_S3, BTS6_S2, BTS5_S1, BTS5_S3

Vecinas de BTS1_S3: BTS1_S1, BTS1_S2, BTS2_S1, BTS2_S2, BTS2_S3, BTS3_S3, BTS6_S2.

Los sectores son nombrados tomando como referencia el norte, siendo el Sector 1 el que esté más cercano al norte, siempre en sentido de las agujas del reloj. Nótese que los sectores de la misma estación también deben de estar en la lista de vecindades. Suponiendo que un terminal se conecta al sector 2 de la BTS5, ésta le estará dando en todo momento información de las celdas vecinas que hemos definido anteriormente, mientras que el terminal le devolverá unas medidas de niveles de potencia y calidad de estas vecindades, siendo por norma general responsabilidad de la BSC (controladora de un conjunto de BTS) decidir en que momento debe hacer un handover hacia otra celda en la que tendrá mejor calidad en el link radio. Una secuencia normal de handovers si un coche circulara por dicha carretera sería

BTS5_S3---BTS4_S1---BTS1_S2---BTS1_S3---BTS2_S2---BTS2_S3

Se ha obviado la estación BTS3 ya que esta se encuentra dentro de una población y los sectores están configurados con un down-tilt alto (la antena apunta hacia abajo) con el fin de radiar solo en la población con los mejores niveles posibles. Además los edificios obstaculizan y debilitan tanto la señal que lo más probable es que la señal de esta estación no llegue a dar cobertura a la carretera. No hemos tenido en cuenta en este estudio, los canales de hopping que se suelen utilizar. Además del canal de Broadcast, si el sector posee más de un TRX configurado se puede usar para la minimización de interferencias el llamado frequency hopping, el cual permite a una llamada en curso ir saltando dentro de los canales asignados para evitar la permanencia en un canal que pueda estar interferido. Por esto, se debe hacer una revisión también de los canales asignados a hopping en la celdas vecinas para al igual que con el canal Broadcast, no lo repitamos y provoquemos ninguna interferencia.

3. BLOQUE : CALIDAD Y DISPONIBILIDAD

Una vez explicado el subsistema de red y de acceso de G2, se va a profundizar en los parámetros que se deben cumplir para que la comunicación entre los terminales móviles sea óptima: calidad y disponibilidad.

3.1. INTRODUCCION

La pérdida de servicio superior a un tiempo T se denomina **indisponibilidad** y si es inferior a T **calidad**. Según REC ITU-T G.821 T=10s. La operadora negocia con la empresa mantenedora de la red el límite de horas del cómputo total de las celdas o sectores que pueden presentar indisponibilidad. En apartados posteriores se verá un caso práctico de un análisis de disponibilidad. En caso de no cumplir el parámetro de disponibilidad acordado, la empresa mantenedora será penalizada por la operadora. Para medir los parámetros de calidad hay que tener en cuenta:

- UAS : segundos de Indisponibilidad (INDISPONIBILIDAD)
- ES: Segundos con algún bloque con algún bit erróneo (CALIDAD)
- SES: Segundos con + del 30 % de bloques con algún bit erróneo (CALIDAD)
- BER: bit error rate o bit error ratio (CALIDAD)

Además de la relación de indisponibilidad y calidad con el periodo de tiempo T, otros factores a tener en cuenta son la cobertura o capacidad. La falta de cobertura o capacidad son dos fenómenos habituales que afectan tanto a la indisponibilidad como la calidad. Como se ha explicado en el bloque 2, para ofrecer cobertura a una zona geográfica concreta, ésta se divide en celdas donde se colocan estaciones base, las cuales dan servicio a un número limitado de usuarios. Hay que explicar ahora los motivos para decidir el tamaño de esas celdas. En principio, el objetivo para dividir en celdas el territorio es para poder dar servicio a los usuarios con un número limitado de canales de comunicación. Si en la zona geográfica donde se da servicio aumenta en gran cantidad el número de usuarios, será más probable que se sobrepase con mayor frecuencia el número máximo de llamadas, saturándose la red y cayéndose las llamadas. Este efecto se produce con mayor frecuencia en zonas urbanas, dada la mayor densidad de usuarios. Cuando se llega a estos límites, se instalan nuevas estaciones base con el fin de crear nuevas celdas y poder dar servicio a un mayor número de usuarios. De este modo, podemos distinguir entre dos tipos distintos de estaciones de telefonía móvil: estaciones base por **cobertura** y estaciones base por **capacidad**. Las primeras son las estaciones base que se colocan en zonas donde no existe servicio previo. Las segundas se instalan cuando el número de usuarios crece mucho y las estaciones base existente no pueden dar servicio a todos ellos (limitación de capacidad). Las estaciones base por capacidad se han instalado en gran cantidad en los últimos años debido al incremento generalizado de usuarios de telefonía móvil, que en la actualidad es superior al de telefonía fija. En zonas urbanas el número de emplazamientos necesarios para ofrecer un servicio de telefonía móvil con buena calidad de servicio debe ser muy alto en comparación con entornos rurales, y por lo tanto, la densidad espacial entendida como número de estaciones por unidad de superficie, es muchísimo mayor que en zonas con una densidad de población mucho menor y un entorno de propagación más despejado (entornos rurales).

A continuación se van a describir los problemas de interferencias, transmisión y de hardware en una red móvil que pueden derivar en problemas de indisponibilidad y calidad.

3.2. INTERFERENCIAS

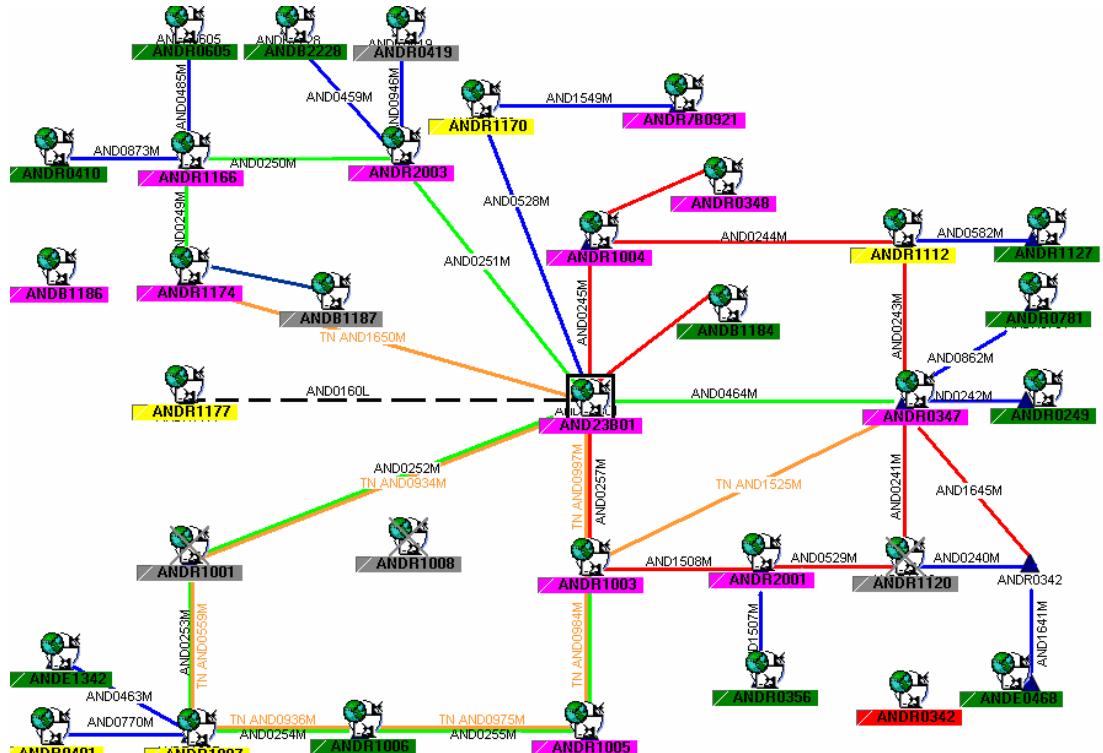
Los problemas de interferencias en una red móvil pueden ser provocados por los sistemas radiantes y los radioenlaces.

SISTEMAS RADIANTES

Es importante la experiencia del ingeniero para realizar el estudio de la zona y la elección de las antenas disponibles para dar con la configuración correcta en cada situación. Si por ejemplo no se aplicara una inclinación suficiente a la antena, podría interferir con otra estación situada a kilómetros, fenómeno denominado **overshooting**. Sin por el contrario la inclinación es excesiva la cobertura en el límite de la celda podría no ser suficiente. Las ondas son capaces de atravesar paredes y objetos no metálicos, pero sufriendo a cambio una gran pérdida de señal en el proceso: al atravesar obstáculos (paredes, etc) se deteriora considerablemente la cobertura. Dentro de las exigencias de calidad establecidas por el Estado, se especifica que en núcleos urbanos se pueda hacer uso del servicio de telefonía móvil en el interior de las viviendas, condiciones que las operadoras deben cumplir para no recibir sanciones. Para ello es muy importante que la estación base correspondiente se encuentre dentro de la propia zona urbana, ya que de encontrarse alejada de ella será difícil que la señal llegue a penetrar en los interiores. En resumen: si la distancia es elevada y existen obstáculos, no habrá cobertura de telefonía móvil, por lo que es imprescindible que las antenas se encuentren cerca de los edificios para que éstos tengan cobertura. Otro condicionamiento importante es que las antenas de las estaciones base deben encontrarse en una zona relativamente elevada y sin obstáculos cercanos con respecto a la zona que se pretenda cubrir.

RADIOENALCES

A parte de las antenas, también se puede dar interferencias entre los radioenlaces. Cuando se produce un aumento de radioenlaces en una misma estación base hay que tener cuidado con los parámetros de frecuencias que se utiliza. A veces se implementa en ambos extremos 2 vanos paralelos. Estos vanos han de cumplir la diferencia de frecuencia. En la figura 55 se observa que el enlace 0245M de Orange va entre los extremos ANDR1004 y la AND23B01. Esta figura muestra los vanos iniciales que se diseñaron, pero a medida que era necesario más capacidad se fueron añadiendo más vanos. Así por ejemplo, de los extremos nombrados anteriormente se añadió el vaneo 0522M.



En las figuras 56 y 57 se observa los vanos AND0245M y AND0522M, en el extremo de la AND23B01, que son paralelos y no se interfieren en frecuencia. Por lo que se consigue un aumento de capacidad de E1 entre los extremos AND23B01 y ANDR1004 sin producir problemas de calidad o indisponibilidad.

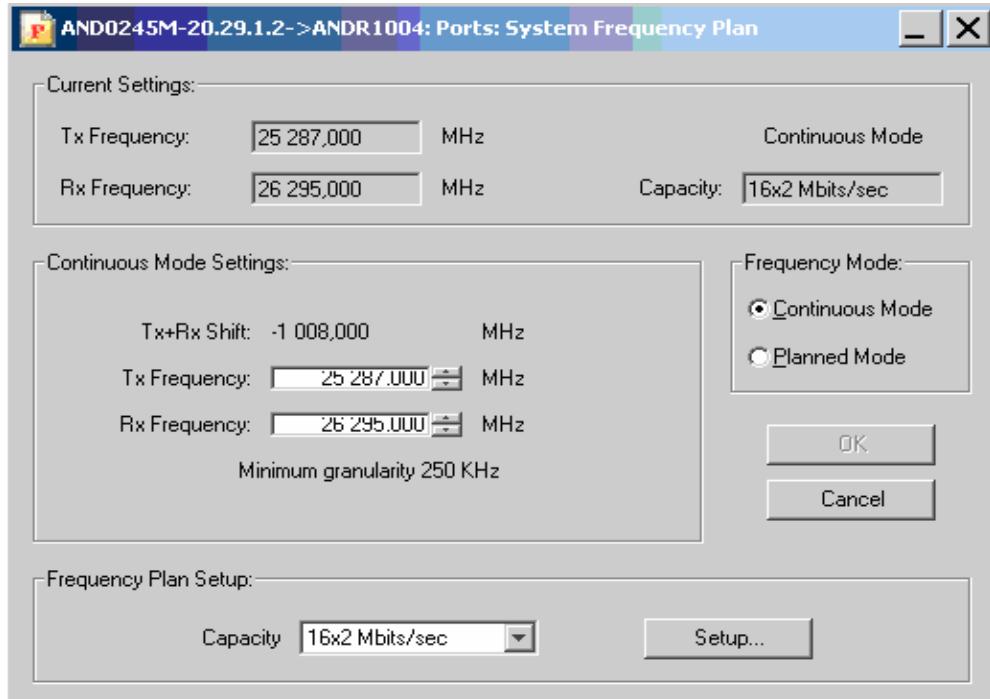


Figura 56. FRECUENCIA DEL AND0245M EXTREMO DE LA AND23B01. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

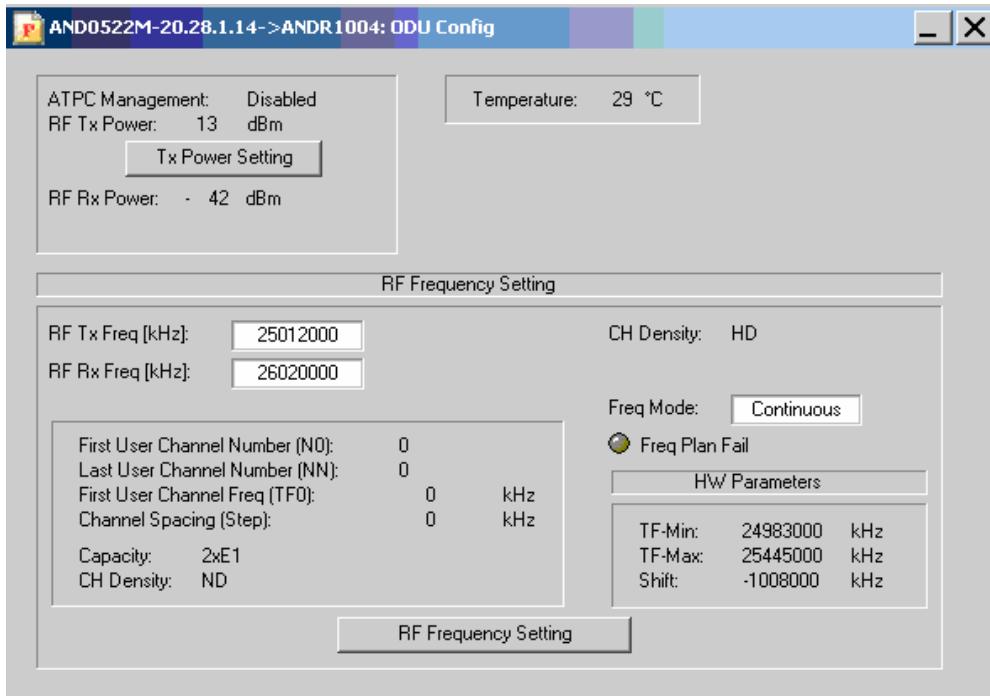


Figura 57. FRECUENCIA DEL AND0522M EXTREMO DE LA AND23B01. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

A veces no tenemos frecuencias libre y se necesita añadir otro vano. La solución es cambiar la polaridad. En la figura 58.A el vano 0464M se observa que tiene polaridad horizontal y en la figura 58.B vertical. Estos vanos, sí tienen la misma frecuencia pero diferente polaridad. Por lo

que también se puede conseguir un aumento de capacidad de E1 cambiando la polaridad sin provocar problemas de calidad o indisponibilidad.

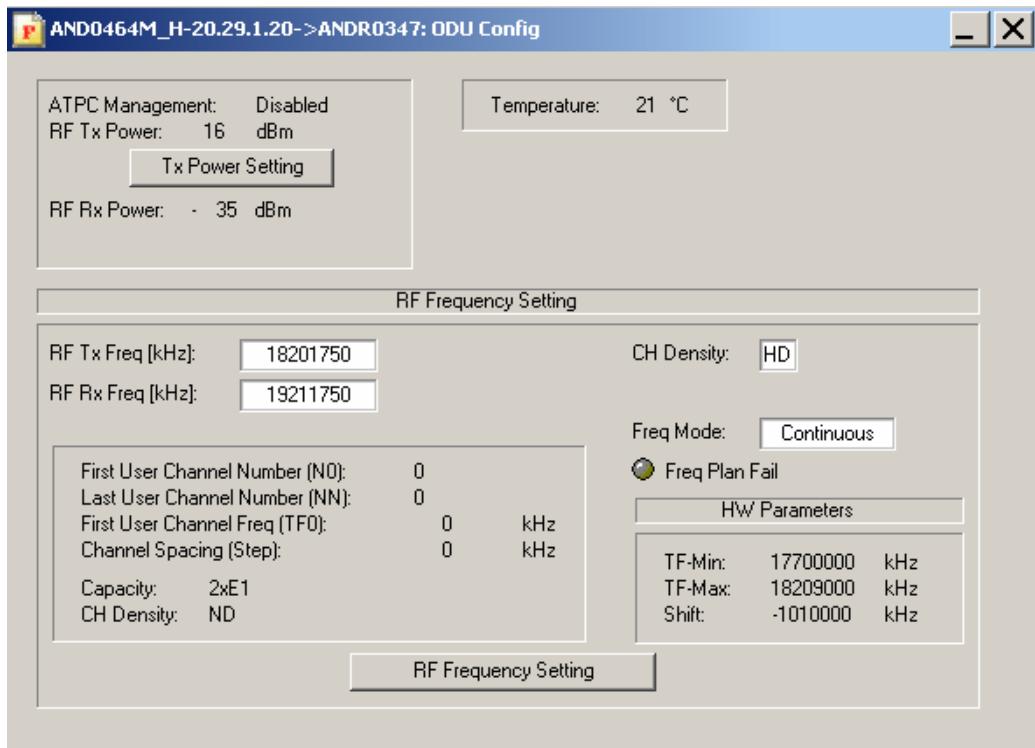


Figura 58.A. POLARIDAD HORIZONTAL AND0464M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

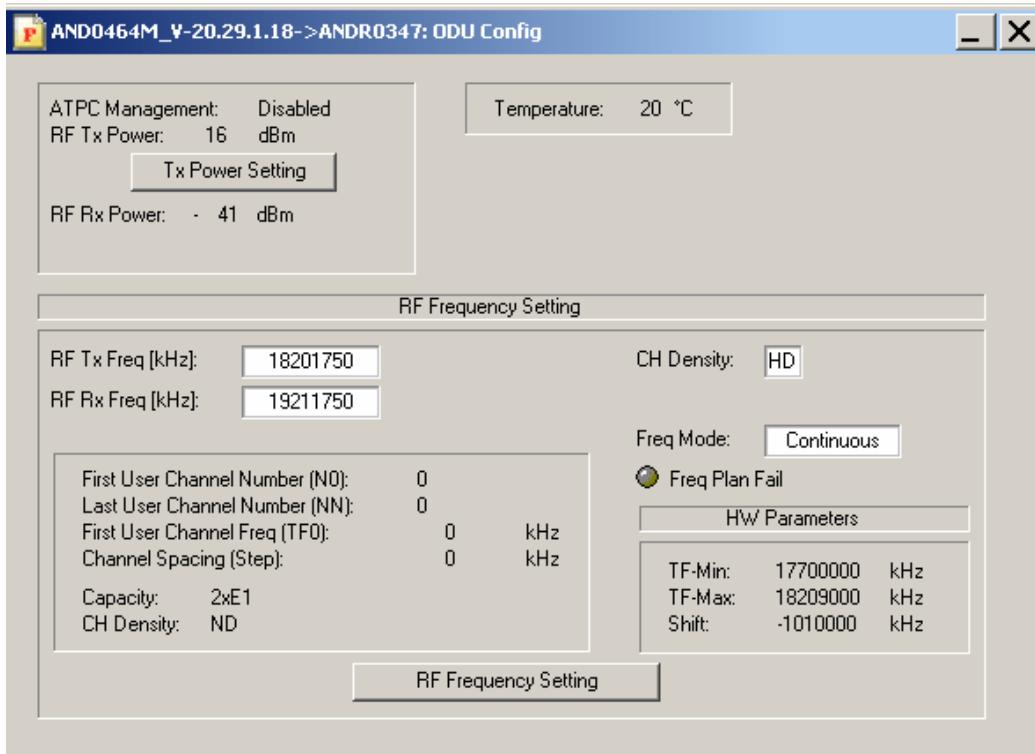


Figura 58.B. POLARIDAD VERTICAL AND0464M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Por estos dos motivos, interferencias en antenas y radioenlaces, las distintas operadoras deben tener en cuenta los rangos que frecuencias que pueden utilizar, ya que no solo pueden

crear interferencias en sus propias estaciones bases sino también en las estaciones de otras operadoras.

3.3. TRANSMISION

Los elementos de red pueden tener más de una ruta. En el caso de las BTSE de Siemens, tienen como máximo 2 rutas. Estas rutas, E1 2,048 Mb/s, llegan a los puertos físicos de la BTSE, denominados bport. Por lo tanto el número máximo de bport en una BTSE de Siemens son 2. La funcionalidad es transmitir por una ruta y tener otra ruta redundante. Tendremos indisponibilidad cuando no tengamos ninguna ruta transmitiendo correctamente y problemas de calidad cuando solo tenemos una ruta activa pero con errores en la trama. El radioenlace, como se explicó en el bloque 1, será el medio principal para que la BTSE se comunique con la MSC para poder realizar una llamada. Por lo tanto, cualquier problema en el radioenlace, afectará a la transmisión y por consiguiente a los parámetros de calidad e indisponibilidad. Para tener la ruta activa sin problemas de calidad y de indisponibilidad, el bport de la BTSE y el PCMB, explicado en el bloque 1, identifica el estado de la trama de 2Mb/s que conecta a la BTSE con la BSC, no deben tener alarmas. En la figura 59 se observa que la BTSE de Siemens ANDR0330, solo tiene un bport que está sin alarmas (en verde), por lo tanto solo tiene una ruta, lo que conlleva a que cualquier problema en la ruta provocará problema de calidad o indisponibilidad en función del periodo de tiempo que esté sin servicio la ruta. En la figura 60 se observa que el PCMB 6, que pertenece a la ANDR0330 está sin alarmas (todas señales en verde), por lo tanto la ruta no tiene problema.

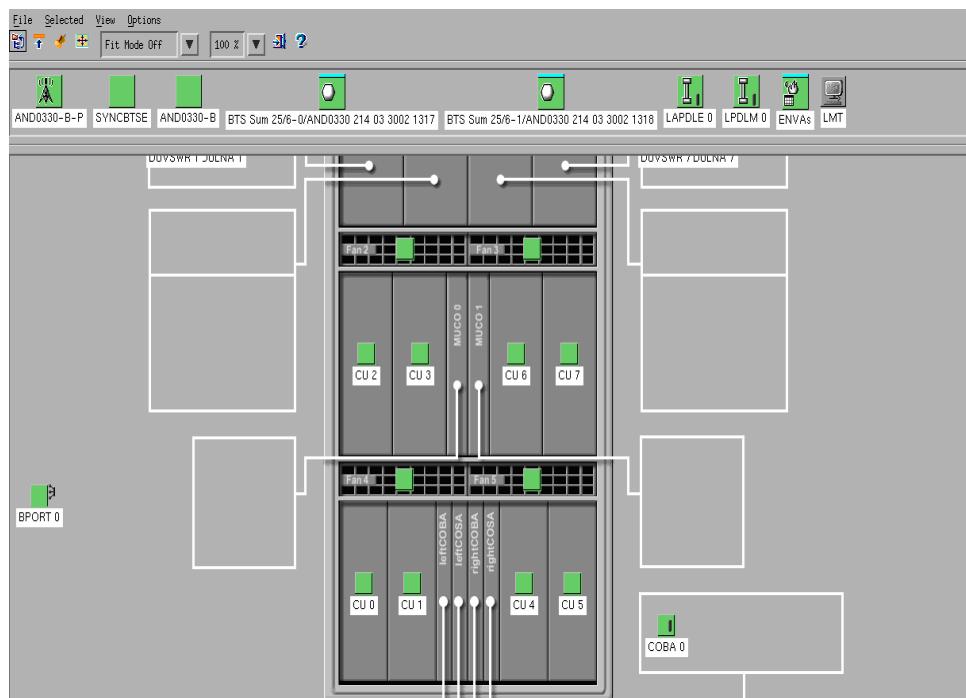


Figura 59. BPORT SIN ALARMA. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

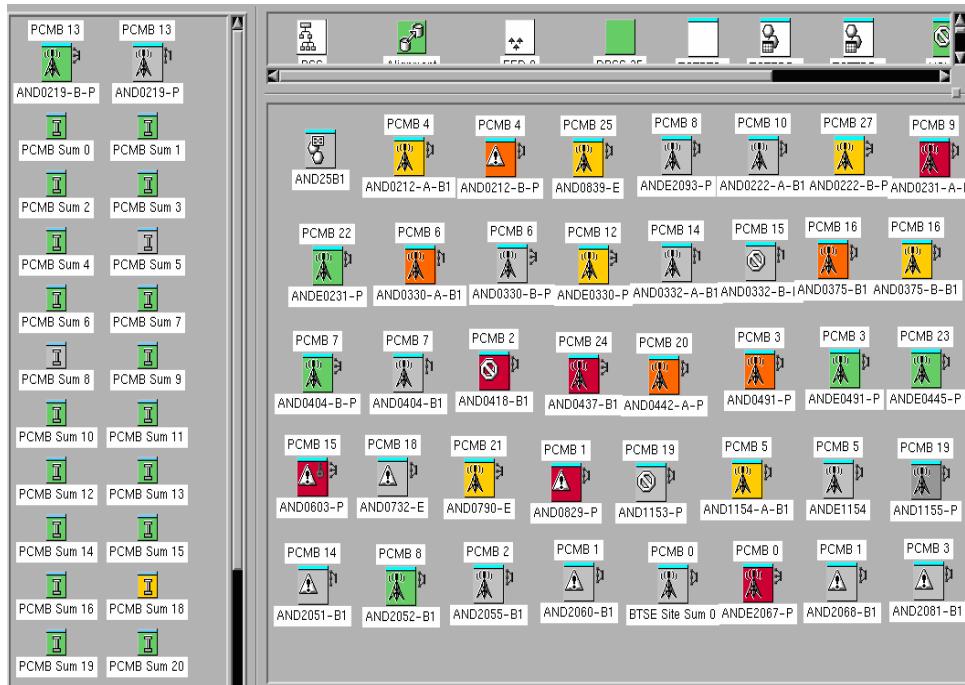


Figura 60. PCMB SIN ALARMA. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOCOMMANDER

En la figura 61 se observa el caso de una BTSE Siemens ANDE1154 que tiene 2 bport, por lo tanto dos rutas PDH. Hay una alarma de Loss of signal en el bport 1, es decir, no recibe señal debido a que no tiene cableado el tributario que le corresponde. A lo largo de la ruta que sale del bport 1 alarmado se propagará una RAI, Remote Alarm Indication, en los tributarios de los vanos que componen la ruta hasta llegar a la BSC. En la figura 62 se ve la RAI del PCMB5 originada por la Loss of signal del bport 1.

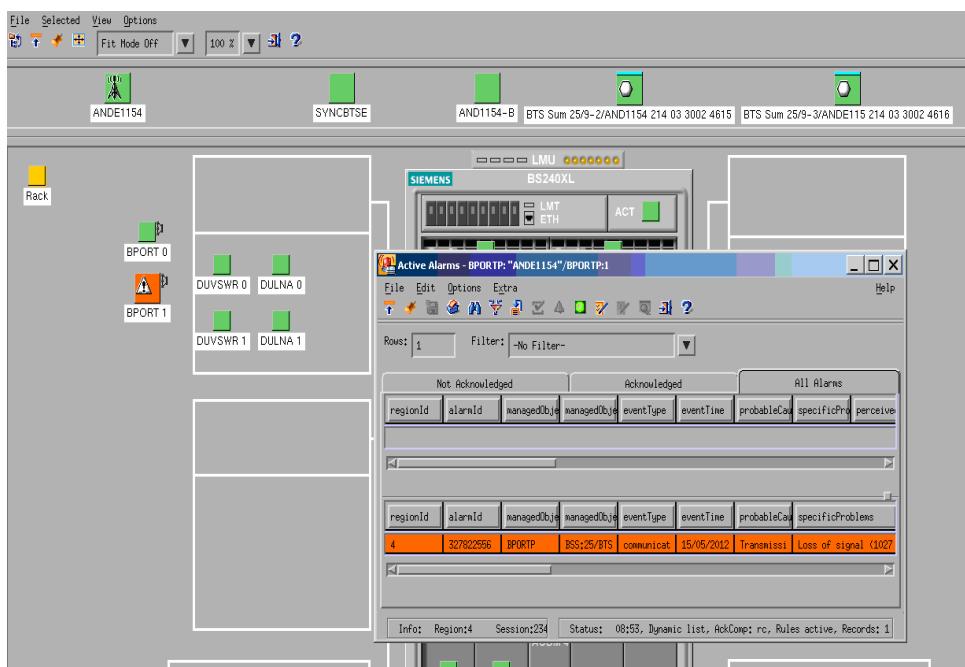


Figura 61. BPORT 1 CON ALARMA DE LOSS OF SIGNAL. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOCOMMANDER

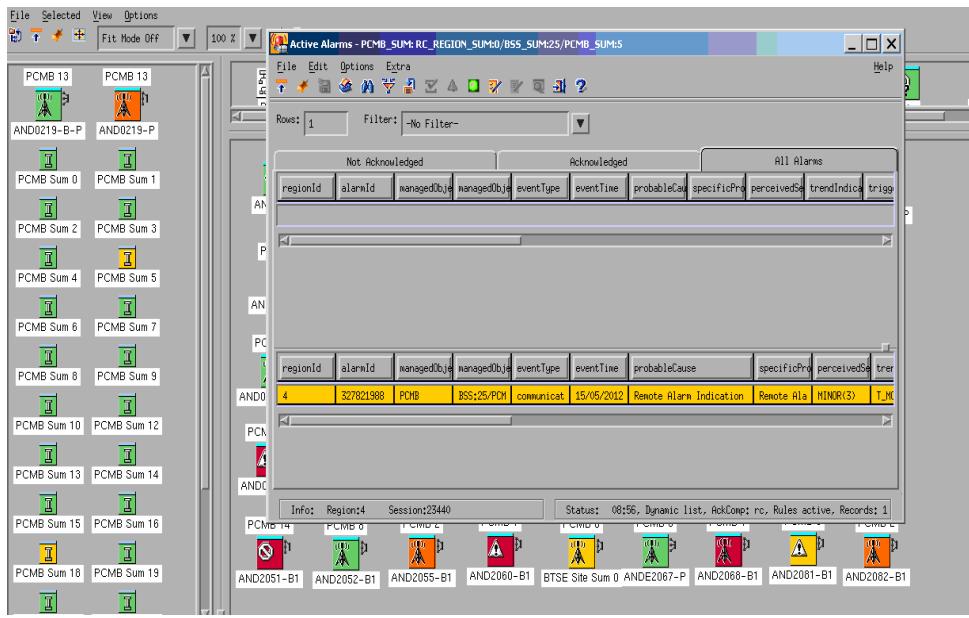


Figura 62. PCMB CON ALARMA DE RAI. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

El peor de los casos es cuando las dos rutas están cortadas, ya que la estación no consigue señalizar con la BSC y por lo tanto no cursa llamada provocando indisponibilidad en la red. En la figura 63 se observa un bastidor Siemens con las dos rutas cortadas provocando que el LPDLM 0 no señalice y no pueda cursar llamadas.

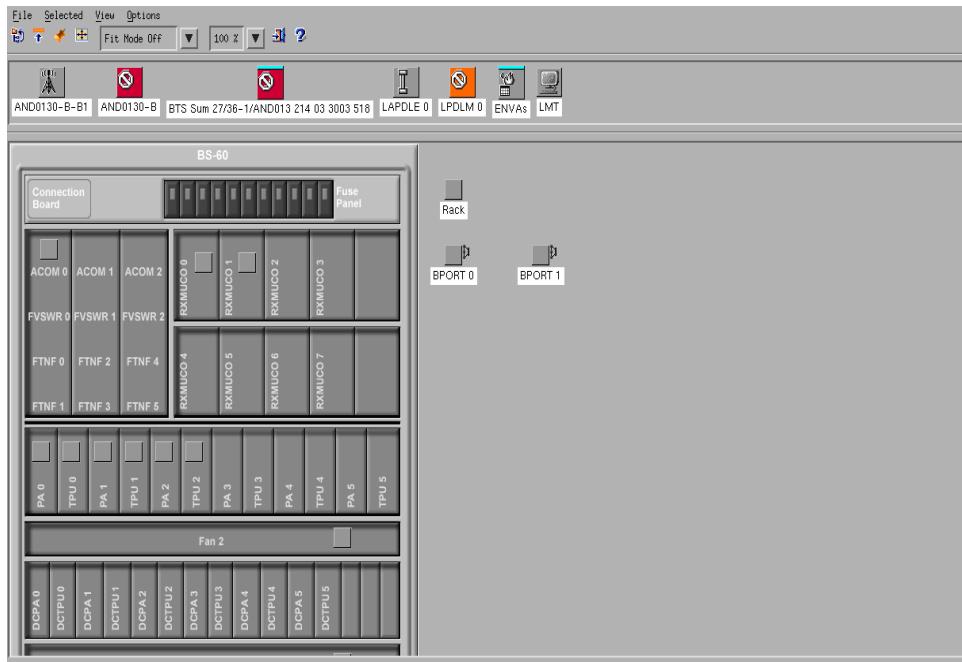
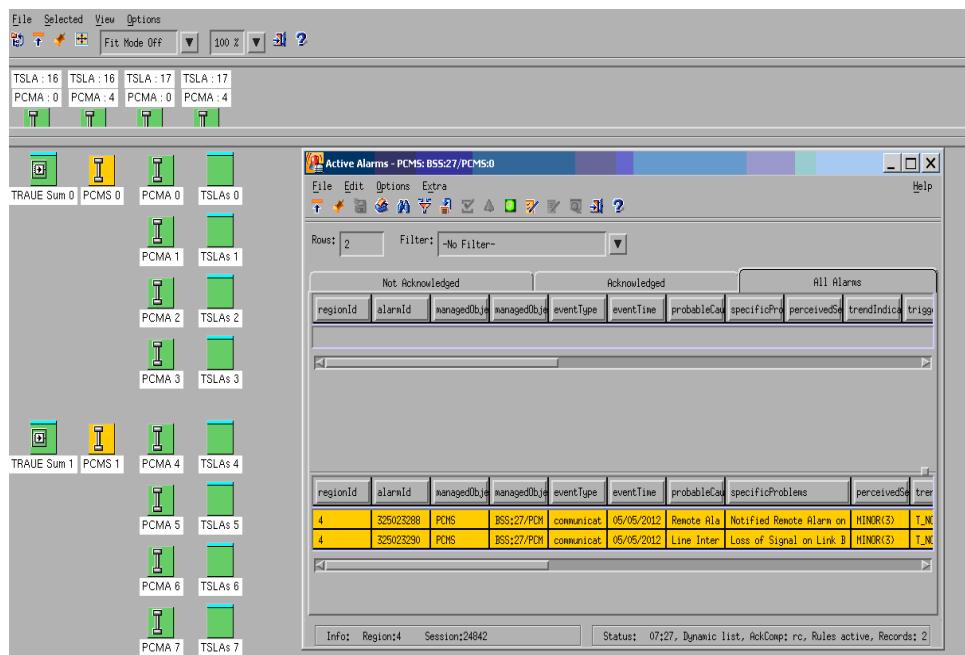


Figura 63. INDISPONIBILIDAD LPDLM. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

Una vez explicado las causas por la cual la transmisión entre la BTSE y BSC puede llevar a problemas de calidad y disponibilidad, se va a realizar el mismo estudio para la transmisión entre la BSC y la MSC. El número de TRAUs va en función de la capacidad que tenga que señalizar la BSC a la MSC. Como se explicó en el bloque 1 cada TRAUs tiene un elemento lógico que es el PCMS y éste a su vez está compuesto por 4-PCMA. Cada TRAUs tiene dos salidas, es decir dos circuitos, denominados lado A y lado B. Para que la señalización entre la BSC y MSC sea óptima y no exista problema de congestión que pueda originar indisponibilidad

o problema de calidad todas las TRAUs y sus dos lados deben estar en servicio. Al igual que las dos rutas de una BTSE, un lado del circuito de la TRAUs es el que se utiliza y el otro es el redundante. En la figura 64 se observa la TRAUs 0 de la AND27B01, tiene el lado B alarmado con Loss, pero como el lado A está en servicio, la TRAUs 0 sigue señalizando. En el caso de que los dos lados de una TRAUs estén caídos no quiere decir que un número determinado de BTSE que pertenecen a una misma BSC no llegue a señalizar con la MSC. No hay una relación TRAUs- BTSE. Cualquier TRAUs de una BSC puede hacer llegar la señalización de cualquier BTSE de esa BSC a la MSC. Por eso el problema principal de que estén fuera de servicio algunas TRAUs es la capacidad y por lo tanto congestión que se pueda originar, provocando problemas de calidad e incluso indisponibilidad.



64. TRAU. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOCOMMANDER

3.4. HARDWARE

El hardware de los equipos es importante para mantener una buena disponibilidad y calidad de la red. Cualquier degradación de un equipo puede influir en la calidad que a su vez puede provocar disponibilidad. A continuación se describirá los problemas hardware en el radioenlace, BTSE, BSC y TRAUs

RADIOENLACE

La figura 65 es del vano AND0376M que tiene alarmas de varios equipos. Como se observa en la figura reporta alarmas de banda base, tributario, cable IF que va de la ODU a la IDU y además el vano no reconoce la ODU. Este caso tiene una indisponibilidad total como se observa en la figura 66. La fecha de las alarmas coincide con el comienzo de indisponibilidad (UAS) del radioenlace. Además de indisponibilidad este vano también reporta errores. Este es uno de los casos más difícil de resolver ya que además de las alarmas que reporta podemos tener otros factores que afecten al radioenlace, como por ejemplo agua en el interior de la caseta provocando humedad en el interior de la IDU o simplemente que la ODU ha dejado de funcionar por degradación. Para asegurar la disponibilidad de un radioenlace, se utilizan los vanos 1+1, es decir, con redundancia. En caso de que se produzca el corte de un sistema, conmuta hacia el otro sistema sin interrupción de la transmisión.

Index	Time Stamp	Severity	Alarm Description
1	- May 05, 2012 11:34:46 AM	CRITICAL	BB: LOF ON
2	- May 05, 2012 11:34:43 AM	CRITICAL	I/F Cable: EBER ON
3	- May 05, 2012 11:34:43 AM	CRITICAL	BB: AIS Ins ON
4	- May 05, 2012 11:30:21 AM	MINOR	R Channel Alarm ON
5	- May 05, 2012 11:29:10 AM	CRITICAL	ODU DISCONNECTED
6	- May 05, 2012 11:29:07 AM	CRITICAL	I/F Cable: FERF ON
7	- May 05, 2012 11:29:07 AM	CRITICAL	BB: Tx on Line CH ON
8	- May 05, 2012 11:29:07 AM	MAJOR	BB: HW Alarm ON
9	- May 05, 2012 11:08:45 AM	MINOR	F Interface Alarm ON
10	- May 05, 2012 11:01:05 AM	WARNING	BB: Tributary 3 Code Alarm ON
11	- May 01, 2012 12:36:51 AM*	MINOR	D2 Channel Alarm ON
12	- May 01, 2012 12:36:51 AM*	MINOR	D1 Channel Alarm ON

Figura 65. ALARMAS DEL AND0376M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Day History	UAS	SES	ES	BBE	OI	Number of Seconds	Suspect Period
04 May 2012	0	0	0	0	0	86396	<input checked="" type="checkbox"/>
03 May 2012	0	20	16	1	0	86395	<input checked="" type="checkbox"/>
02 May 2012	0	0	0	0	0	86400	<input checked="" type="checkbox"/>
01 May 2012	0	0	0	0	0	86400	<input type="checkbox"/>
Current Day 05 May 2012	9383	345	314	108	11	42077	<input type="checkbox"/>

Figura 66. PERFORMANCE DEL AND0376M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

BTSE: BASE TRANSCEIVER STATION EQUIPMENT

Antes de entrar en detalles sobre las posibles causas que una BTSE pueda provocar disponibilidad o errores en la red, se va a describir brevemente los componentes hardware de una BTSE de Siemens.

A. CENTRAL DE MODULO:

- MCLK (MASTER CLOCK)

Su función principal es la sincronización. Proporciona los tiempos de reloj e información de trama a otros módulos.

- LI (LINK INTERFACE)

Extrae la información de reloj de red para la MCLK a través del bus 1. También pasa a la BBSIG, que se comentará a continuación, la información de tráfico por el bus 2.

- CCTRL (CORE CONTROL)

Supervisa el BUS 1. Se encarga de los canales de señalización de la BTSE (protocolo LAPD)

- ALCO (ALARM CONTROL)

Control de alarmas tanto internas como externas

B. MODULOS POR CELDA:

- ACOM (ANTENNA COMBINER)
Reduce el número de antenas requeridas.

C. POWER SUPPLY MODULES:

- DCPA (DIRECT CURRENT SUPPLY FOR POWER AMPLIFIER)
- DCTPU (DIRECT CURRENT SUPPLY FOR TPU)

D. MODULOS POR TRX:

- TPU (TRANSCEIVER AND PROCESSOR UNIT).

Procesa las señales digitales y analógicas de transmisión y recepción. Modula y demodula las señales de la interaz Um (une el terminal móvil con la BTSE).

- BBSIG (BASEBAND AND SIGNALING PROCESSOR UNIT).

Recibe los canales de tráfico desde la LI a través del BUS 2. Codifica y decodifica las llamadas para detectar errores y corregirlos. Ejecuta un procesado de las medidas para enviar al móvil las señales de control de potencia y Handover. También controla la potencia de la PA, que se comentará a continuación.

- PA (POWER AMPLIFIER)

Proporciona la potencia necesaria a la señal de RF Downlink

Una vez descrito los principales componentes de una BTSE de Siemens, se va a proceder a explicar las diversas causas que pueden provocar que una BTSE provoque indisponibilidad o problema de calidad en la red.

Las BTSE de Siemens en función del número de llamadas que curse tendrán más o menos sectores. A su vez, los sectores estarán compuestos por más o menos TRX según la capacidad que necesite cada sector. La figura 67 es de la BTSE ANDR0222. Esta estación tiene 2 sectores, por lo tanto 2 ACOM. Cada sector tiene 3 TRX, compuesto por PA, TPU, DCPA, DCTPU Y BBSIG. Esta estación tiene todos sus TRX en servicio y por lo tanto no debe tener problema de calidad ni de disponibilidad. En la figura 68 se observa la ANDR2068 que también tiene 2 sectores, pero a diferencia de la estación vista anteriormente un sector tiene 3 TRX pero el otro sector sólo tiene 2 TRX. Por lo tanto la capacidad de la ANDR2068 del sector que tiene 2 TRX es inferior y debe estar orientado hacia la zona que tenga menos tráfico de llamada para no tener problema de capacidad. Un sector mientras tenga activo 1 TRX no provoca indisponibilidad pero si puede dar problema de calidad debido a la falta de capacidad. Cualquier problema hardware en algún elemento que compone el TRX afectará al mismo provocando que no curse llamadas. En el caso de que un sector no tenga activo ningún TRX provocará problema de cobertura en la zona de orientación del sector y por lo tanto indisponibilidad en la red

Además del problema de capacidad y cobertura nombrado anteriormente se puede dar el caso de que una vez en curso la llamada, se provoque errores en la trama debido a la degradación de algún elemento hardware nombrado anteriormente. Dependiendo del nivel de degradación se puede dar el caso de problema de calidad o indisponibilidad, que irá en función del tiempo que esté fallando el elemento de la BTSE.

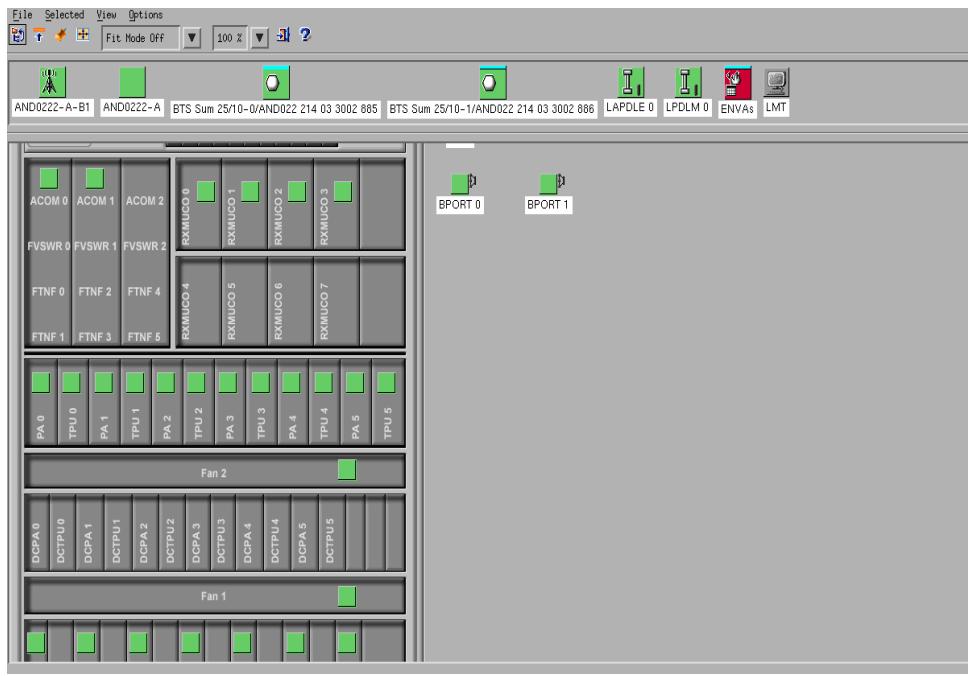


Figura 67. BTSE ANDR0222. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOCOMMANDER

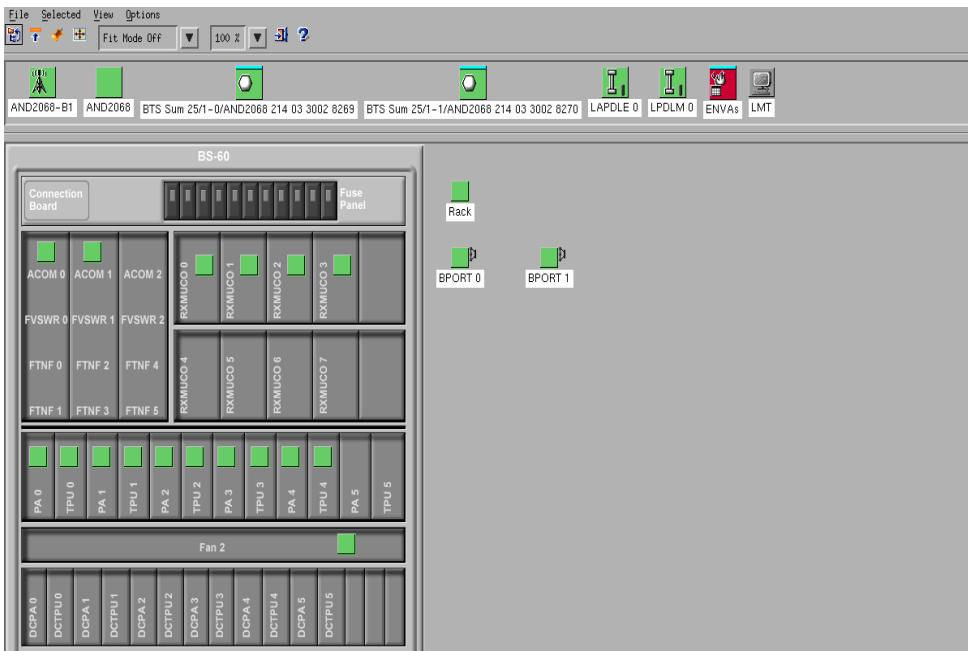


Figura 68. BTSE ANDR2068. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOCOMMANDER

En la figura 69 se observa la ANDR5842 que tiene 2 sectores y 5TRX. El sector 2 está compuesto por el ACOM1 y los TRX 4 Y 5. Se observa que el TRX 5 no está en servicio pero el sector sigue cursando llamadas por el TRX 4 pero con menos capacidad y por lo tanto en una hora punta que se curse un número elevado de llamadas se puede llegar a tener problemas de calidad ya que la estación puede tirar llamadas por motivos de capacidad. Son muchas las combinaciones que puede tener una BTSE en número de sectores y TRX. La configuración hardware viene después de realizar un estudio técnico tal y como se explicó en el bloque2.

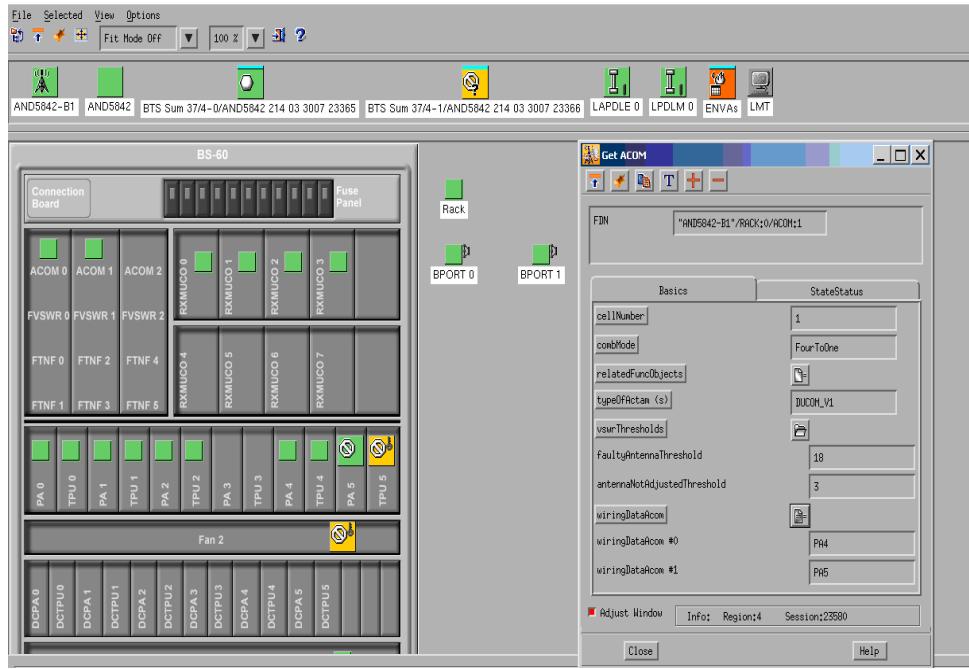


Figura 69. BTSE ANDR5842. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

BSC: BASE STATION CONTROLLER

La BSC controla todas las estaciones de 2G de un área. Cualquier problema hardware puede repercutir en todas las estaciones. En la figura 70 se observa como la BSC tiene las placas PPXU 2 y 3 sin servicio. Estas placas llevan el GPRS y por lo tanto la capacidad para dar servicio GPRS a las estaciones es la mitad ya que sólo hay 2 placas de 4 en funcionamiento

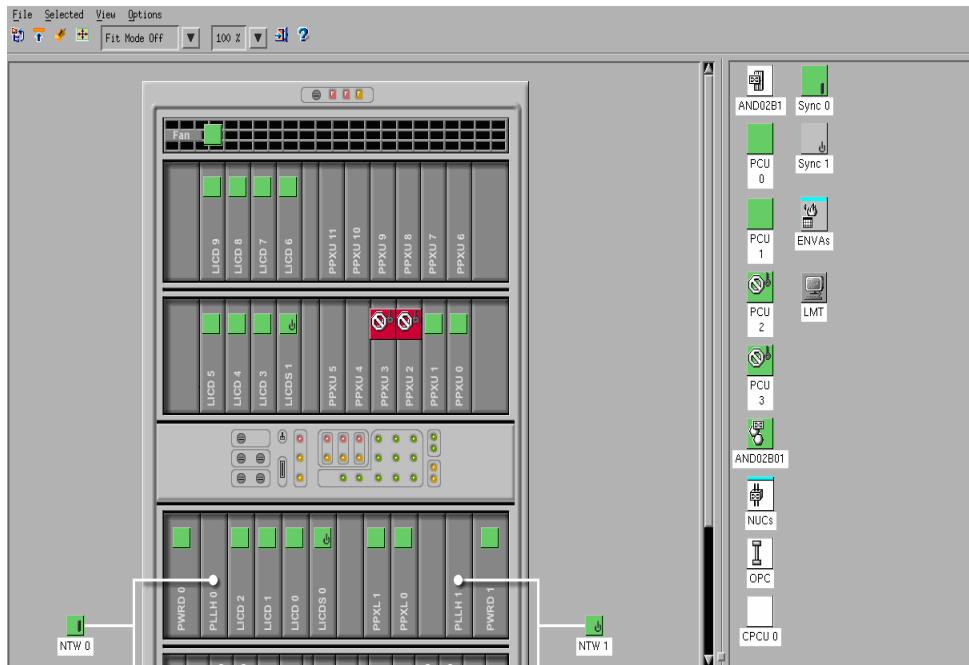


Figura 70. BSC PPXU. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

Las tarjetas que controla el servicio GSM son las PPXL. En la figura 71 se observa la AND04B01 que tiene todas sus placas PPXL en servicio por lo que en principio no debe tener

problema de congestión y la disponibilidad será óptima. Sin embargo se observa como tiene problemas en la PPXU afectando al servicio de GPRS.

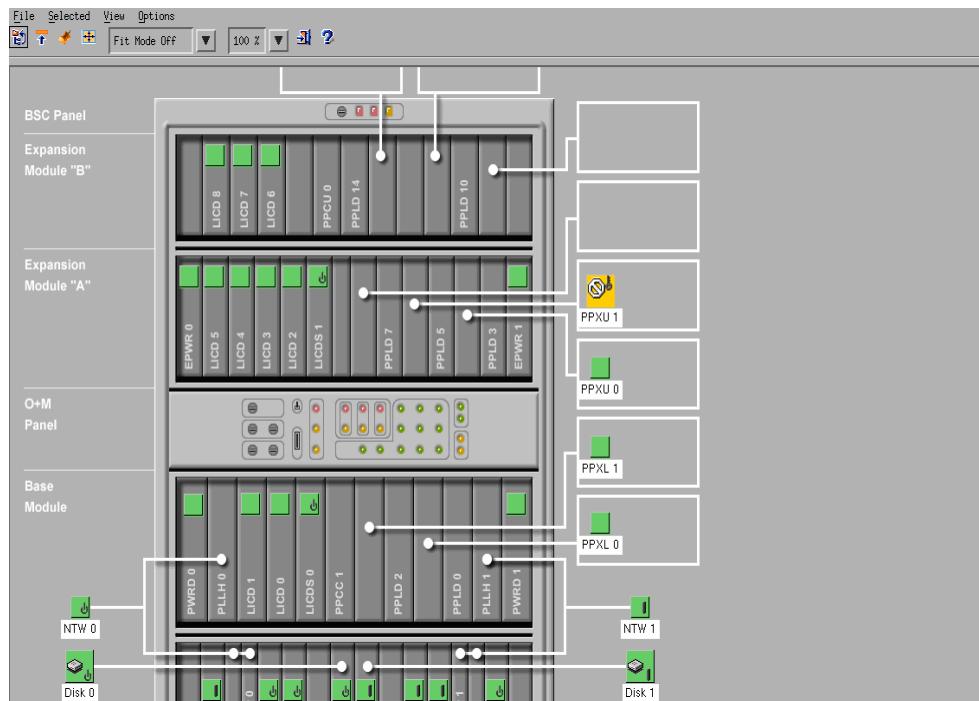


Figura 71. BSC PPXL. FUENTE: GESTOR SIEMENS RADIOPROGRAMMER

TRAU: TRANSCODING AND RATE ADAPTER UNIT

Se ha comentado en el apartado de transmisión que las TRAU puede provocar problemas de capacidad y por lo tanto influye en los parámetros de calidad y disponibilidad .Pero además si las TRAU tiene degradación en algún componente hardware también puede provocar pérdida de servicio en la red, lo que conlleva a problemas de calidad si el tiempo de pérdida de servicio es menor que el umbral T o indisponibilidad si es mayor que T. A continuación, en la figura 72 se va a describir los módulos principales de la TRAU. Como se observa en la figura, todos los módulos están sin alarmas (todos en verde), por lo que no existe problemas de degradación de equipos.

- **BSCI (BSC INTERFACE)**

Tiene el controlador de la TRAU, que es responsable de la configuración hardware, toma de medidas y administración de la base de datos. Es la interfaz entre TRAC, que se explicará a continuación y BSC. Multiplexa en Downlink las señales generadas por la TRAC para construir toda la estructura de los canales de tráfico de 16 Kb/s.

- **MSCI (MSC INTERFACE)**

Es la interfaz con la MSC. Construye la trama PCMA, explicada en el bloque 1, para la MSC desde la TRAC, es equivalente a la BSCI pero respecto a la MSC. Recibe y envía los mensajes de las BSC desde la BSCI hasta la MSC

- **TRAC (TRANSCODER AND RATE ADAPTER CIRCUITE)**

Define la correspondencia entre canales del PCMS y PCMA. Tiene redundancia 1+1 y controla la potencia del móvil y las interferencias.

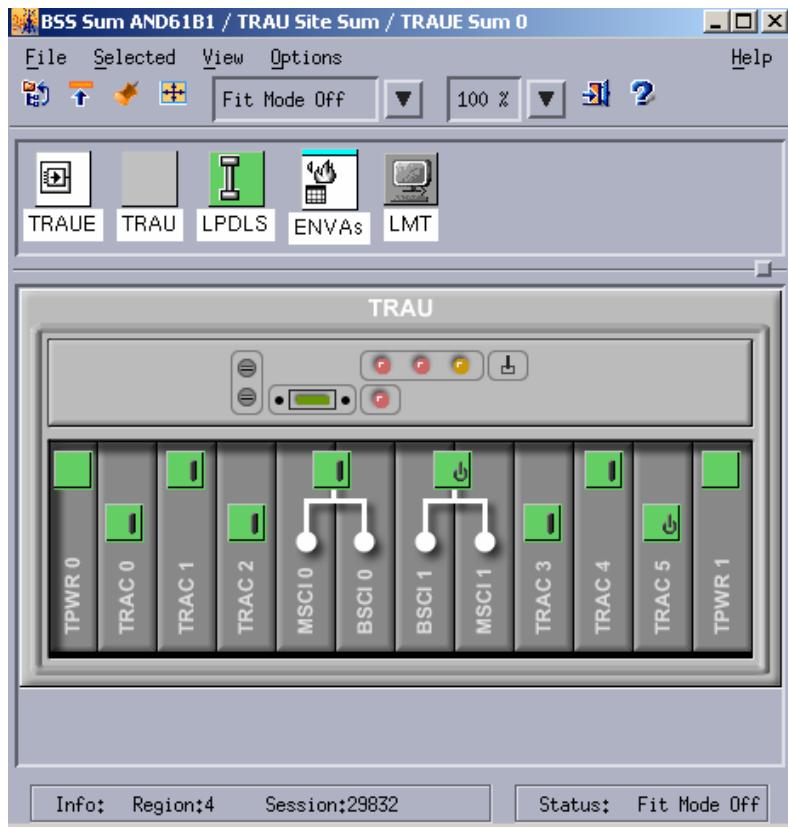


Figura 72.HARDWARE DE UNA TRAU. FUENTE: GESTOR SIEMENS DE RADIOPROCOMMANDER

Generalmente los elementos de red de alta jerarquía como la BSC y TRAUs tienen redundancia en las placas para asegurar el servicio y cumplir con los parámetros de calidad y disponibilidad. Todos los elementos de red influyen en el funcionamiento de la misma y por lo tanto es el conjunto de los mismos el que provoca que se cumplan o no valores óptimos de calidad y disponibilidad. En el siguiente apartado se va describir la importancia de tener un elevado STOCK de repuestos y su correcta distribución por las zonas en la que la operadora de servicios.

3.5. REPUESTOS

Las operadoras disponen de un STOCK de repuestos para satisfacer las necesidades de la red. La variedad de repuestos es elevada y es obligación de la operadora tener disponible cualquier repuesto que se tenga que cambiar en la red. Existe un departamento encargado de la organización, control y distribución de repuestos. La disponibilidad del repuesto, en caso de ser necesario, debe ser lo más breve posible. Para ello se distribuye los repuestos por las distintas zonas que de servicio, así por ejemplo si una operadora tiene una avería en las Islas Canarias y el STOCK se encuentra en la península supondría una indisponibilidad de más de 24 horas, provocando pérdidas de facturación para la operadora. Como se ha comentado en apartados anteriores cualquier problema hardware del radioenlace o de algún elemento de red afecta a la disponibilidad y calidad de la misma. Por este motivo, tener STOCK de todos los repuestos tiene un gran peso para poder cumplir con los objetivos. En la figura 73 se observa el código del repuesto de la ODU del AND0604M en el extremo de la ANDE1183. En la figura 74 se observa el STOCK disponible por Orange, un total de 54 unidades.

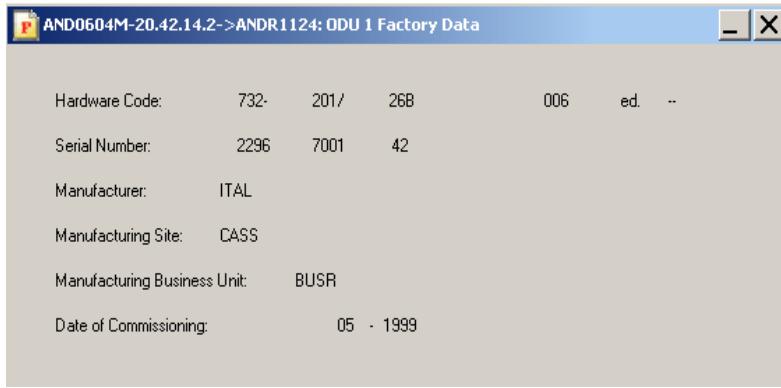


Figura 73. CODIGO DE REPUESTO ODU AND0604M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

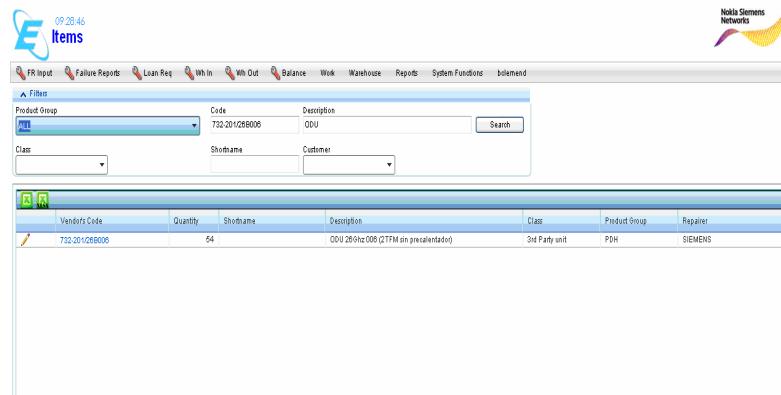


Figura 74. DISPONIBILIDAD ODU 732-201/26B006. FUENTE: GESTOR NOKIA SIEMENS MOBILITY

Estas unidades están repartidas por la zona que da servicio la operadora. En la figura 75 se observa las provincias donde se encuentran los 54 repuestos. En caso de avería en la península no habría problemas para cambiar el repuesto. Sin embargo, si hubiera una incidencia en las Islas no habría STOCK, y se tendría que transportar un repuesto de la península a las Islas, suponiendo un retardo en la solución de la incidencia y provocando una indisponibilidad que afecta a la facturación de la operadora

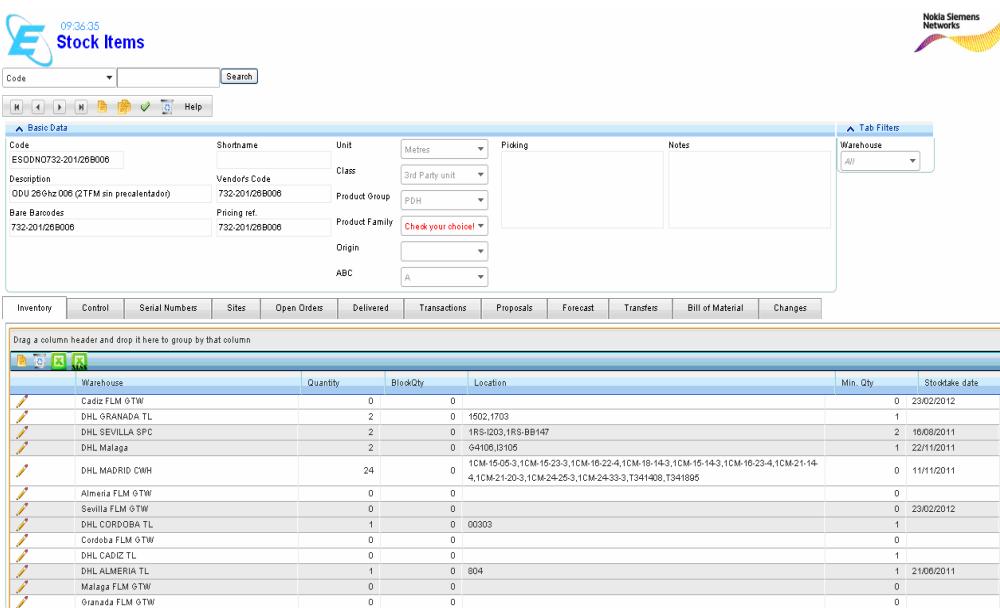


Figura 75. DISTRIBUCION ODU 732-201/26B006. FUENTE: GESTOR NOKIA SIEMENS MOBILITY.

En la figura 76 se observa que no hay STOCK de la ODU full-outdoor 26 GHz 004, por lo que en caso de avería de este repuesto no se podrá cambiar el repuesto. Esto provocaría que la operadora tenga que tomar medidas alternativas como cambiar el vano, enrutar por otros radioenlaces...

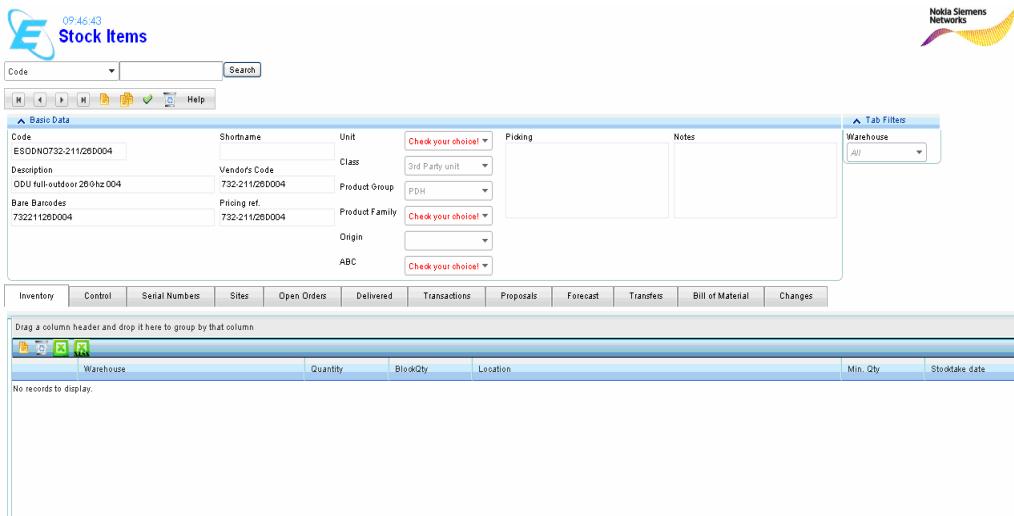


Figura 76. DISPONIBILIDAD. ODU 732-211/26D004. FUENTE: GESTOR NOKIA SIEMENS MOBILITY

3.6. PREVENTIVOS

Las operadoras realizan diferentes planes de actuación para mantener en buen estado la infraestructura de la red. Estos planes se denominan preventivos. Hay varios planes de actuación para que la red cumpla los parámetros de calidad y disponibilidad. Se van a comentar brevemente algunos preventivos que realiza las operadoras.

- AIRES ACONDICIONADOS

Todos los años antes de que llegue el verano y las altas temperaturas, se procede a la reparación de los aires acondicionados para que la temperatura de las casetas sea óptima y no produzca micro cortes de los equipos provocando pequeños segundos de indisponibilidad. A veces incluso teniendo todos los aires acondicionados en funcionamiento la temperatura es elevada y los equipos pierden el servicio. En este caso se coloca un pingüino para asegurar el funcionamiento de todos los equipos de la caseta.

- BATERIAS

Todas las estaciones cabeceras, es decir, que le haga llegar la comunicación a otras estaciones, deben tener baterías. La falta de batería provoca que en caso de falta de suministro se produzca cortes en el servicio aumentando los segundos de indisponibilidad. En caso de que alguna estación cabecera, no tenga baterías y se produzca un corte de suministro, además de provocar la indisponibilidad de la estación también corta todas las rutas que pase por dicha estación, que como se ha visto en apartados anteriores puede llegar a provocar problema de calidad.

- REPORTE DE ALARMAS

El panel de alarmas es importante para poder adelantarnos a las averías y así impedir que se pierda el servicio y mejorar la disponibilidad. Las operadoras realizan cada determinado tiempo pruebas de alarmas para asegurarnos que se reporta correctamente al centro de supervisión todas las alarmas de la estación.

- OTROS

Hay muchos mas planes más, como pueden ser limpieza de la estación, ya que a veces la vegetación en el interior impide el trabajo de los técnicos. También se da el caso de que las rutas muerden los tributarios, provocando que se corte la ruta de ese tributario y por lo tanto puede provocar indisponibilidad y mala calidad. Para solucionar el problema de la rata se procede a la desratización de la estación.

En definitiva, cualquier trabajo de mejora en la estación base que proporcione un efecto positivo en la red para que se cumplan los parámetros de calidad y disponibilidad se denomina preventivo.

3.7. FENOMENOS ATMOSFERICOS Y METEOROLOGICOS

Otro tipo de factores que también deben tenerse en cuenta son los atmosféricos y meteorológicos. A continuación se describirán los más importantes:

- **LLUVIA**

Aunque la atenuación causada por la lluvia puede despreciarse para frecuencias por debajo de 10 GHz, ésta debe incluirse en los cálculos de diseño a frecuencias superiores donde su importancia aumenta rápidamente. La atenuación específica debida a la lluvia puede calcularse a partir de la Recomendación UIT-R 838. Dicha atenuación es ligeramente superior para polarización horizontal que para vertical. Esto se debe simplemente a la forma que adquieren las gotas de lluvia por el rozamiento experimentado durante la caída. Para la predicción de la atenuación producida por la lluvia se necesita información sobre las estadísticas de intensidad de precipitación. En la Rec. UIT-R PN.837-1 se proporcionan valores de intensidad de lluvia excedidos durante determinados porcentajes de tiempo y para distintas zonas hidrometeorológicas mundiales. En el caso de España, estas son las llamadas zonas H y K. Por ejemplo, Madrid se encuentra en la zona H, mientras que Valencia se encuentra en la zona K. La Rec. UIT-R P.530-7 establece el procedimiento para calcular la atenuación producida por la lluvia a largo plazo. Los cálculos de la atenuación por lluvia en un radioenlace se utilizan para realizar el diseño de cobertura o alcance del sistema de radiocomunicaciones dado un cierto valor de disponibilidad o calidad de servicio.

- **NIEBLA**

La atenuación por niebla está gobernada por las mismas ecuaciones que en el caso de la lluvia. La principal diferencia es que la niebla puede modelarse como un conjunto de gotas de agua muy pequeñas en suspensión (con radios variables entre 0,01 y 0,05 mm). Para frecuencias por debajo de 300 GHz la atenuación producida por la niebla es linealmente proporcional al contenido total de agua por unidad de volumen para cada frecuencia. Una concentración de 0,032 g/m³ corresponde a un nivel de niebla que permite visibilidad a unos 700 m. Por otro lado, una concentración de 0,32 g/m³ permite visibilidad a algo más de 100 m. El nivel máximo de contenido de agua se sitúa en torno a 1 g/m³, con densidades considerablemente menores para la mayor parte de las nieblas. En la figura 77 se observa como los gases y vapores atmosféricos también introducen atenuación en los radioenlaces de alta frecuencia.

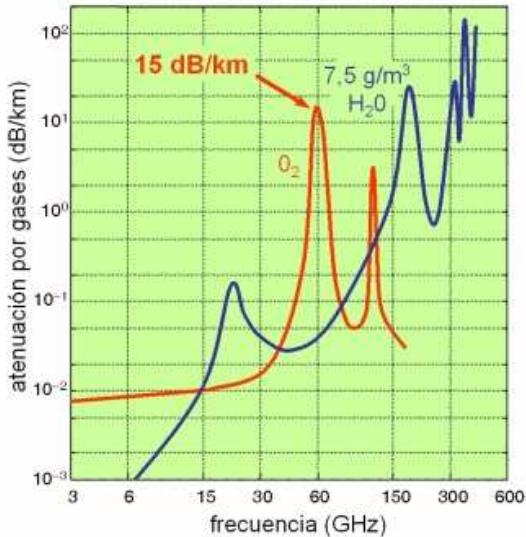


Figura 77. ATENUACION POR GASES. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

- NIEVE

Por otra parte, la atenuación de las microondas al atravesar nieve en polvo es al menos un orden de magnitud inferior que para la lluvia considerando la misma tasa de precipitación. No obstante, la atenuación para la nieve húmeda es comparable a la de la lluvia e incluso superior en la banda de frecuencias milimétricas. Medidas experimentales han demostrado valores de atenuación en torno a 2 dB/km para 35 GHz y una tasa de precipitación de 5 mm/h. Para nieve en polvo la atenuación es dos órdenes de magnitud inferior. Debido a la gran cantidad de variables involucradas, en particular el contenido de agua relativo, resulta difícil especificar la atenuación en función de la tasa de precipitación de una forma simple. En todo caso, se recomienda emplear rádomos en zonas de fuertes nevadas para evitar la acumulación de hielo y nieve en la superficie de las antenas, ya que pueden provocar niveles de atenuación importantes. En la figura 78 se observa que la utilización de rádomos de protección evita la acumulación de hielo y nieves en las antenas.



Figura 78. RADOMOS DE PROTECCION. FUENTE: BBDD DE SIEMENS

- VAPORES DE AGUA Y OXIGENO

Los vapores de agua y de oxígeno no condensados poseen líneas de absorción en la banda de frecuencias de microondas y de ondas milimétricas. Por ello existen frecuencias donde se produce unas grandes atenuaciones separadas por ventanas de transmisión donde la atenuación es mucho menor. En el caso del vapor de agua, se producen fuertes líneas de absorción para longitudes de onda de 1,35 cm, 1,67 mm e inferiores. En el caso del oxígeno, las longitudes de onda de los picos de absorción son 0,5 y 0,25 cm. La atenuación debida al efecto conjunto de los vapores de agua y oxígeno es aditiva. En aquellas bandas donde los valores de atenuación

exceden los 10 dB/km el alcance de las comunicaciones se encuentra enormemente limitado. Pero escogiendo adecuadamente las frecuencias de trabajo es posible obtener niveles de atenuación muchos menores: por ejemplo, a 30 GHz la atenuación es inferior a 0,1 dB/km. Para frecuencias por encima de 300 GHz, en cambio, la atenuación mínima es todavía elevada (6 dB/km o más) e impone una gran restricción en el caso de enlaces terrestres con visión directa. Sin embargo, determinadas aplicaciones especializadas tales como comunicaciones secretas de corto alcance (entornos "indoor" a 60 GHz) o enlaces entre satélites (no afecta la atenuación atmosférica) se aprovechan del uso de la banda de frecuencias milimétricas. Estas longitudes de onda cortas posibilitan el uso de antenas de alta ganancia muy compactas que compensan parte de las pérdidas introducidas.

- **ALTAS TEMPERATURAS**

Las altas temperaturas provocan que los equipos de la caseta se degraden y tengan micro cortes para poder refrigerarse. Estos micro cortes introduce mala calidad en la red ya que los equipos pueden tirar llamadas por congestión o capacidad. Más crítico es cuando los equipos se quedan sin servicio ya que la temperatura sobrepasa los límites de las características. Este caso provoca indisponibilidad en la red. Para solucionar este problema hay que tener buenos aires acondicionados y si la temperatura sigue siendo elevada se coloca un pingüino. Más complicado es cuando es la ODU, en caso de Siemens, tenga sobre temperatura, ya que dejaría de transmitir cortando todas las rutas que pasen por ese radioenlace. En estos casos de sobre temperatura de la ODU para darle una solución provisional es apagar un determinado tiempo la ODU y volver a encenderla. Si una vez bajada la temperatura la ODU sigue sin transmitir se debe proceder a cambiarla.

- **VEGETACION**

Un factor importante de degradación en sistemas que operan a altas frecuencias lo constituye la vegetación existente en las inmediaciones del radioenlace. En ciertas ocasiones, el radioenlace puede verse accidentalmente obstruido por árboles o incluso azoteas de edificios en entornos urbanos. En estos casos, el campo electromagnético presente en la antena receptora puede modelarse como la suma de la onda directa proveniente del transmisor, y multitud de pequeñas ondas dispersadas por los edificios adyacentes y por las hojas de los árboles cercanos. Dado que las fases de estas ondas son aleatorias, las señales resultantes pueden estimarse de forma estadística.

En conclusión, son muchos los factores que afectan directamente a la disponibilidad y calidad de la red. Es complicado que ninguno de los factores nombrado: cobertura, capacidad, interferencias, transmisión, hardware, repuestos, preventivos, fenómenos climatológicos y algunos factores no nombrados, no tengan problemas y no afecten a la red. En el siguiente apartado se comentará un ejemplo práctico de un análisis de disponibilidad.

3.8. ANALISIS DE DISPONIBILIDAD

Las operadoras crean incidencias para resolver las averías, que generalmente se dividen en incidencias de pérdida de servicio, que afecta a la disponibilidad o incidencias de calidad que es provocada por quejas de clientes. Así por ejemplo, Orange utiliza la herramienta clarify para documentar y actualizar las acciones ejecutadas en cada incidencia. En la figura 79 se observa la la herramienta clarify con una incidencia de pérdida de servicio, la estación ANDR2914 caída sin alarmas previas. En el histórico de esta incidencia abierta en clarify se documentará todas las actuaciones realizadas, para posteriormente poder hacer el análisis de disponibilidad y saber la causa de la caída del elemento de red. Otras incidencias, son de quejas de clientes, como se observa en la figura 80. Las quejas de clientes, generalmente son provocadas por falta de calidad.

Figura 79. INCIDENCIAS DE INDISPONIBILIDAD. FUENTE: GESTOR NOKIA SIEMENS CLARIFY

Figura 80. INCIDENCIAS DE CALIDAD. FUENTE: GESTOR NOKIA SIEMENS CLARIFY

Esta incidencia trata de un E1 que tenemos caído y provoca quejas de clientes ya que no hay capacidad de cursar todas las llamadas con un E1 menos, tal y como se explicó en el apartado de transmisión.

3.8.1. CASO PRACTICO DE ANALISIS DE DISPONIBILIDAD

A continuación se va a explicar un caso práctico de cómo se calcula la disponibilidad de una red. En este caso práctico, la operadora será Orange y la empresa mantenedora Nokia Siemens Networks. La disponibilidad, según contrato Orange-Nokia Siemens Networks contará en el intervalo horario de 8:00h hasta las 23:59h, por lo tanto son 16 horas de análisis. Se marcan unos valores que deben cumplirse según tecnología. En la figura 81 se observa que se debe superar el 99,85% para cumplir los parámetros de disponibilidad del G2. El análisis es de zona4

donde se observan 12 provincias con un peso distinto cada una. El peso va en función del número de celdas que tenga la provincia. En las figura 81 y 82 se observa que la provincia de más peso en zona 4 es Sevilla, ya que es la que tiene más celdas. En toda zona 4 hay 9013 celdas activas diarias multiplicadas por 16 horas de disponibilidad hace un total de 144208 horas de celdas activas diarias. El límite de celdas no activas 216,31 viene dado por el 0,15% (100-99,85) de 144208. Si se supera el límite diario en una provincia no se cumplirá la disponibilidad en dicha provincia en ese día, que no quiere decir que no se cumpla en el cómputo general de todas las provincias. En la figura 82 se observa el análisis por semana. En este ejemplo, el objetivo final es que el número de celdas no disponibles de toda la zona no supere el límite semanal, que es lo acordado entre Orange y Nokia Siemens Networks. Por lo tanto, si no se cumple el límite diario en el cómputo general no quiere decir que no se cumpla en el límite semanal.

2G - 99,85%	TOTAL	SE	CO	CA	HX	MA	GR	AL	JX	BA	CC	GC	TF
Peso por prov. %	100,02	14,32	6,78	13,08	5,12	14,82	7,46	5,68	5,35	5,96	3,62	7,34	10,49
Celdas activas diarias	9013	1438	567	1109	433	1293	627	477	449	503	304	862	951
Horas activas diarias	144208	23008	9072	17744	6928	20688	10032	7632	7184	8048	4864	13792	15216
Límite diario	216,31	34,51	13,61	26,62	10,39	31,03	15,05	11,45	10,78	12,07	7,30	20,69	22,82

Figura 81. ANALISIS DE DISPONIBILIDAD DIARIO. FUENTE: BBDD DE NOKIA SIEMENS

2G - 99,85%	TOTAL	SE	CO	CA	HX	MA	GR	AL	JX	BA	CC	GC	TF
Peso por prov. %	100,02	14,32	6,78	13,08	5,12	14,82	7,46	5,68	5,35	5,96	3,62	7,34	10,49
Celdas activas semanal	61247	9896	3990	7756	3031	8520	4424	3339	3143	3521	2128	5187	6312
Horas activas semanal	979952	158336	63840	124096	48496	136320	70784	53424	50288	56336	34048	82992	100992
Límite semanal	1469,93	237,50	95,76	186,14	72,74	204,48	106,18	80,14	75,43	84,50	51,07	124,49	151,49

Figura 82. ANALISIS DE DISPONIBILIDAD SEMANAL. FUENTE: BBDD DE NOKIA SIEMENS

4. BLOQUE : SUPERVISION DEL RADIOENLACE

La supervisión de la red móvil servirá para adelantarnos a futuras averías en la red y conseguir buenos números de disponibilidad. En este bloque se va explicar el gestor del proveedor Siemens para los radioenlaces: Netviewer.

4.1. NETVIEWER

Netviewer es el gestor de los radioenlaces PDH y SDH de Siemens. La conexión se realiza a través de la VPN de Nokia Siemens Networks. La figura 83 muestra la IP a la que nos conectamos, que será distinta si es PDH o SDH. Se necesita un password que nos debe proporcionar el proveedor.

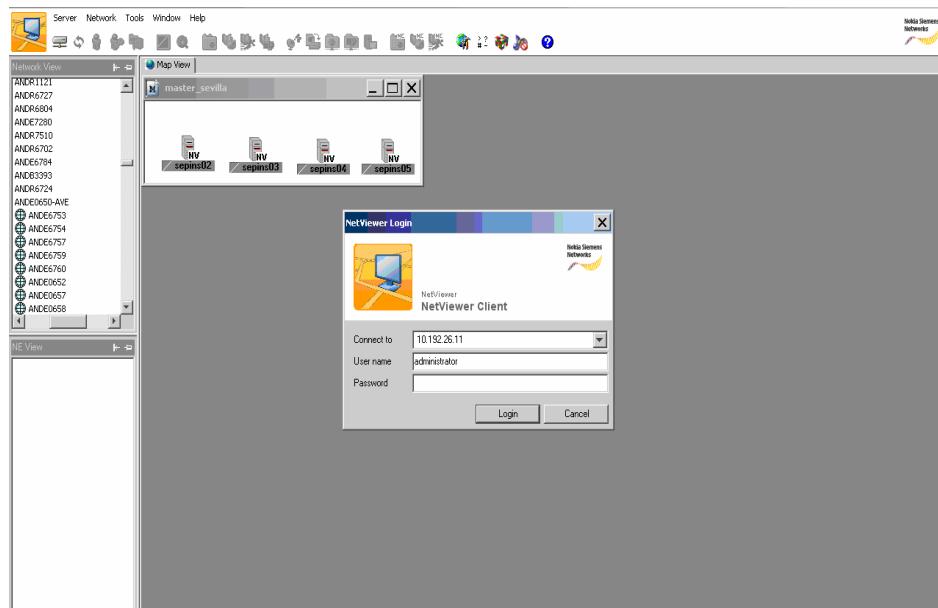


Figura 83. SUPERVISION RADIOENALCES PDH. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Una vez que se introduzca el password empezará a mapear todas las IP que tienen los vanos de la red. Posteriormente, como se observa en la figura 84, ya tenemos todas las IP cargadas en el gestor.

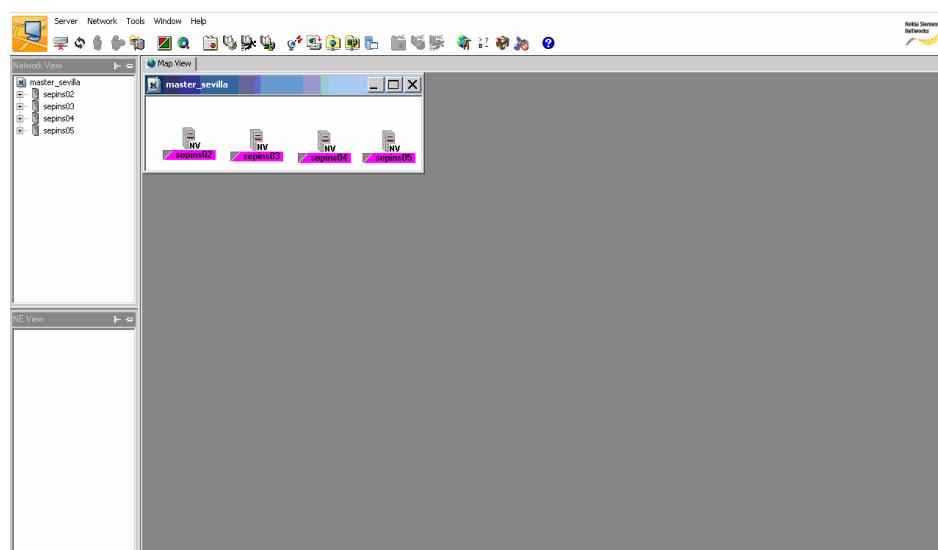


Figura 84. MAPEO RADIOENALCES PDH. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Ahora ya podemos buscar el radioenlace o bien algún extremo. Por ejemplo, como se observa en la figura 85, vamos a buscar el ANDR1004 del área 23 de Sevilla. Anotar que las controladoras, explicada en el bloque 1, son las que proporciona la gestión remota. Por consiguiente, si un extremo de un radioenlace tiene problemas en la controladora no tendrá gestión remota.

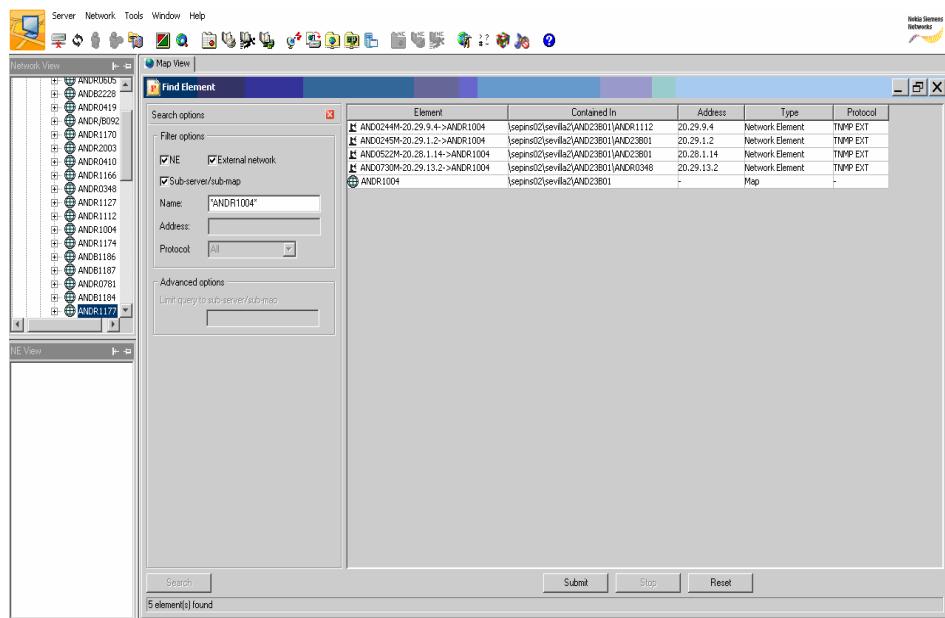


Figura 85. BUSCADOR RADIOENALCES PDH. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Haciendo doble clic sobre la estación se abrirá el área de la BSC a la que pertenezca. La figura 86 muestra el área 23 de Sevilla de la red de Orange. Se observa la ANDR1004 con sus vanos y extremos remotos. A continuación haciendo clic en la estación ANDR1004 de la figura 86 se abrirá una nueva ventana con los radioenlaces que tenga la estación, tal y como se observa en la figura 87. Los distintos colores representan la criticidad de las alarmas del vano. El negro indica que no hay gestión, por lo que no se puede ver en remoto lo que sucede en ese vano, amarillo son alarmas leve y el rojo y rosa más crítica.

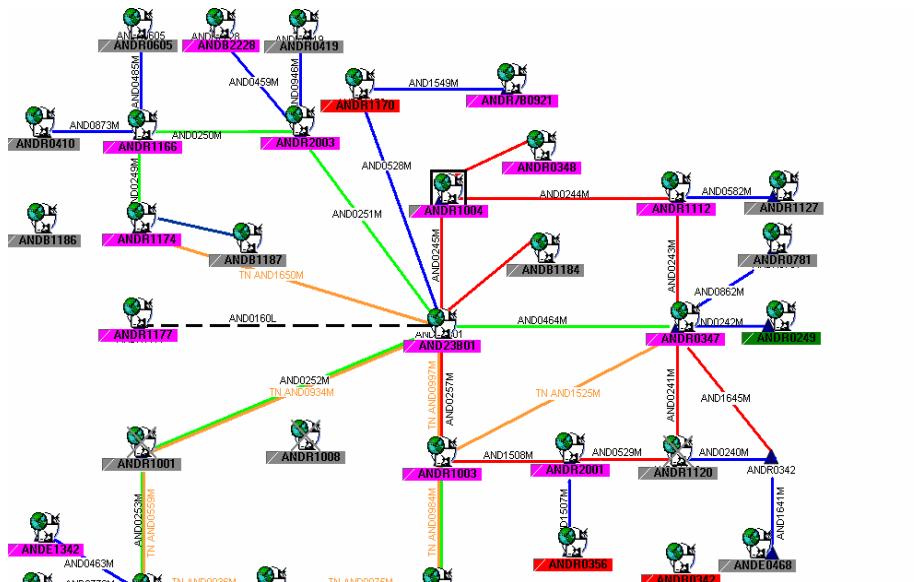


Figura 86. ANDR1004. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

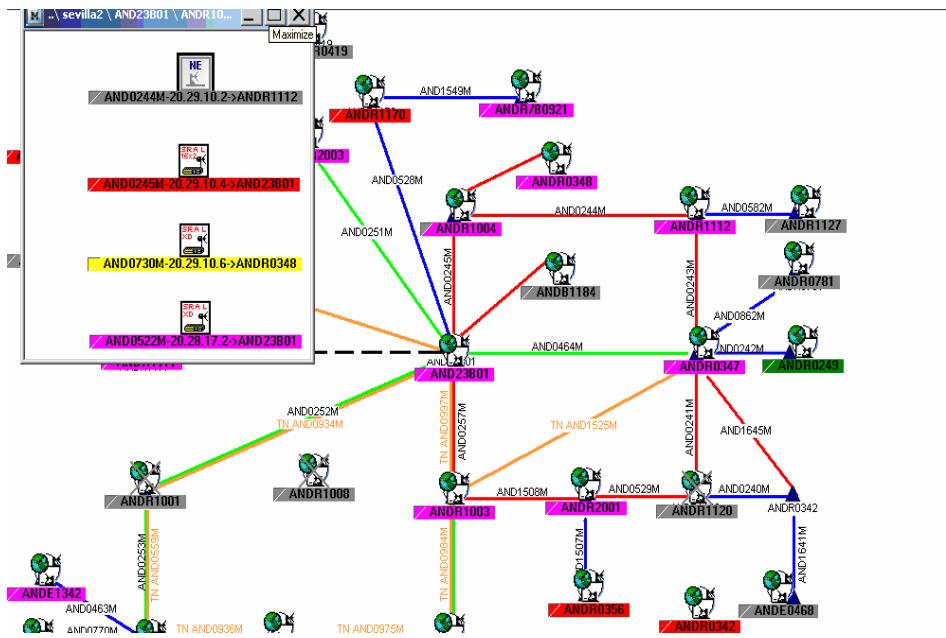


Figura 87. RAIOENLACES DEL ANDR1004. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Para ver, por ejemplo el AND0245M, que está en rojo y por lo tanto tiene alarmas críticas, pinchamos sobre el ícono y aparecerá en la parte inferior izquierda un desplegable con varias opciones, como se observa en la figura 88. A continuación se va a explicar los puntos más relevantes del desplegable, para ver la importancia que tiene poder supervisar los radioenlaces en remoto.

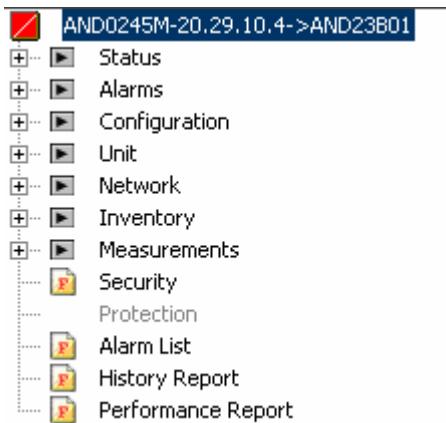


Figura 88. OPCIONES DEL AND0245M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

STATUS

Status se divide en system y tributaries. En system se puede ver los equipos que componen el radioenlace y si están o no alarmados, tal y como se observa en la figura 89. En tributaries nos indica el estado de los tributarios. Cada tributario está relacionado con un único E1. En la figura 90 se observa como hay algunos tributarios alarmados, pero sin detallarnos exactamente la alarma que tiene. Este apartado nos sirve para tener una primera visión del radioenlace. En este caso no se observa alarmas de equipo pero si de tributarios. Por lo que solo tenemos problemas en las rutas que tengan los tributarios alarmados.

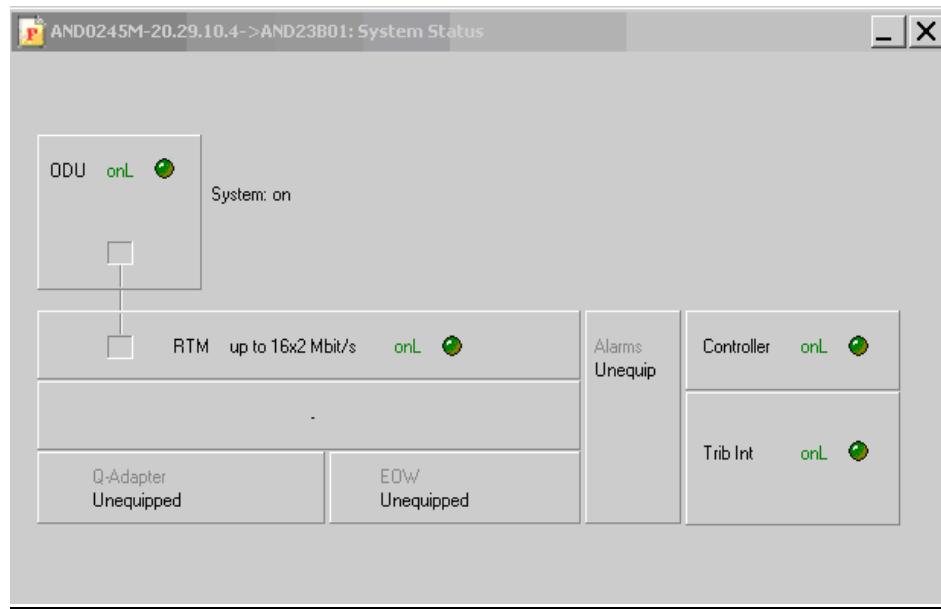


Figura 89. SYSTEM DEL AND0245M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

System Capacity: 16x2 Mbit/s		
RTM 1	IN Alm	OUT Alm
Trib 1	normal	normal
Trib 2	normal	normal
Trib 3	normal	ALARM
Trib 4	ALARM	normal
Trib 5	normal	normal
Trib 6	normal	normal
Trib 7	normal	normal
Trib 8	normal	normal
Trib 9	normal	normal
Trib 10	normal	normal
Trib 11	normal	normal
Trib 12	normal	normal
Trib 13	ALARM	normal
Trib 14	normal	normal
Trib 15	normal	normal
Trib 16	ALARM	normal

Available Tributaries: 16 (16x2 Mbit/s)

Figura 90. TRIBUTARIES DEL AND0245M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

ALARMS

Nos detalla el tipo de alarmas tanto de los equipos como de los tributarios. En la figura 91 se observa los detalles de las alarmas indicadas en el apartado anterior. En este caso como los equipos no están alarmados no nos indican ninguna alarma, pero en los tributarios sí. Los tributarios con alarma de Loss of signal son porque no recibe ninguna señal. Para resolverlo hay que ir en local, en este caso extremo ANDR1004 del AND0245M, ya que el tributario no está cableado a ningún puerto físico. La alarma de SIA indica que en algún punto de la ruta se pierde la señal, pero el problema no está en local. Por lo tanto las alarmas de Loss of signal creadas en este vano serán SIA, alarma remota, en los siguientes pasos de la ruta. La alarma de

HDB3 es de la manguera donde van los tributarios. Generalmente un problema en la manguera afecta a varios tributarios, tantos como vayan en su interior.

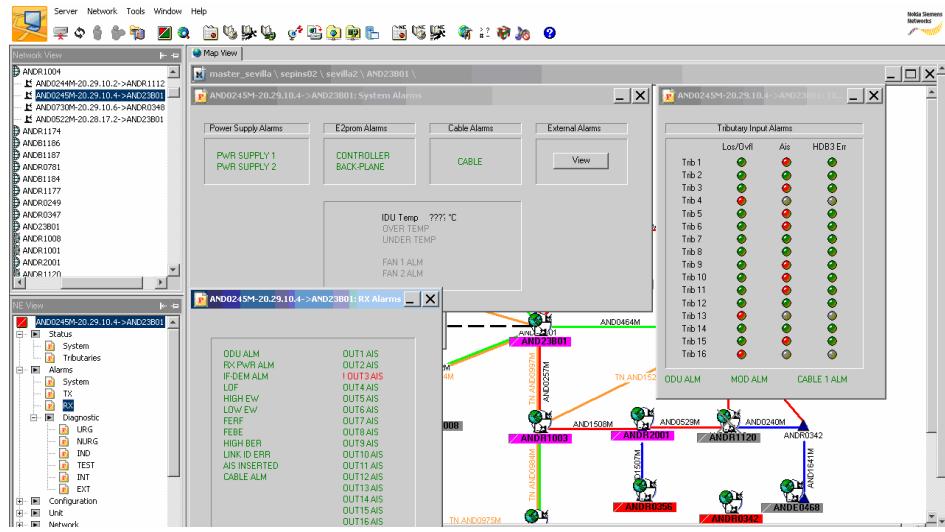


Figura 91. ALARMS DEL AND0245M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Estos dos apartados sólo han servido para visualizar las alarmas y analizar cualquier problema de ruta o equipo. El siguiente apartado es de configuración, que si permite actuar directamente sobre el radioenlace.

CONFIGURATION

En configuración se puede ver como está definido el radioenlace. En este ejemplo que se está siguiendo es un sistema no protegido como se observa en la figura 92. No nos da la opción de darle redundancia y colocarlo en un 1+1 ya que nos indica que no reconoce la ODU 2. Aquí también se puede ver si algún equipo del radioenlace está alarmado. En el apartado de system configuration, se puede elegir la capacidad del vano y potencia de transmisión tal y como se observa en la figura 93. También da la opción de apagar y encender la ODU.

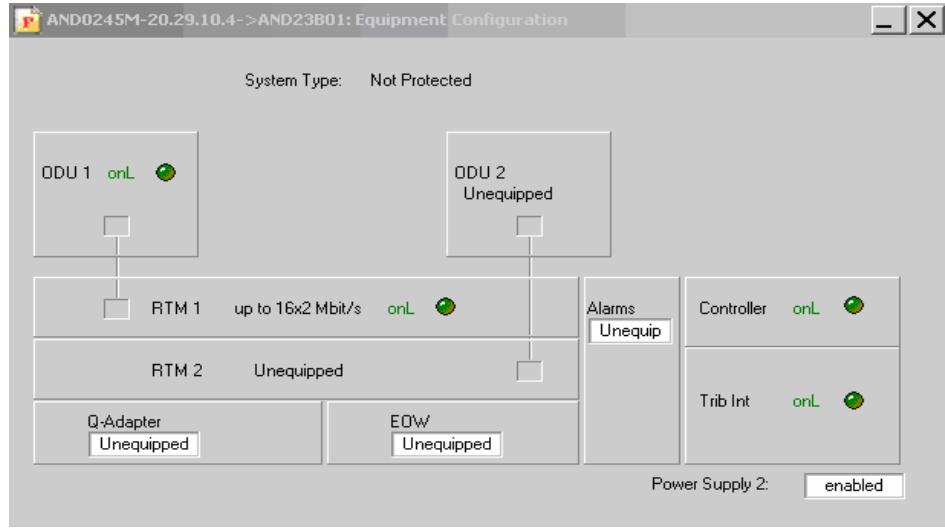


Figura 92. EQUIPEMENT CONFIGURATION DEL AND0245M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

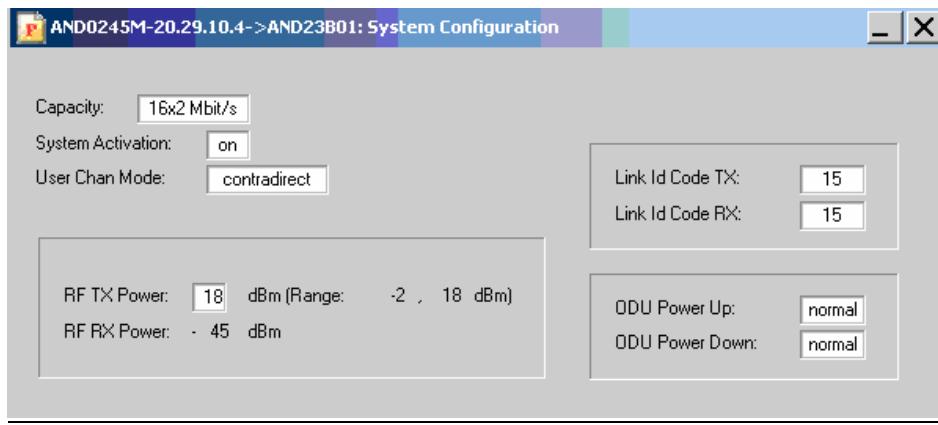
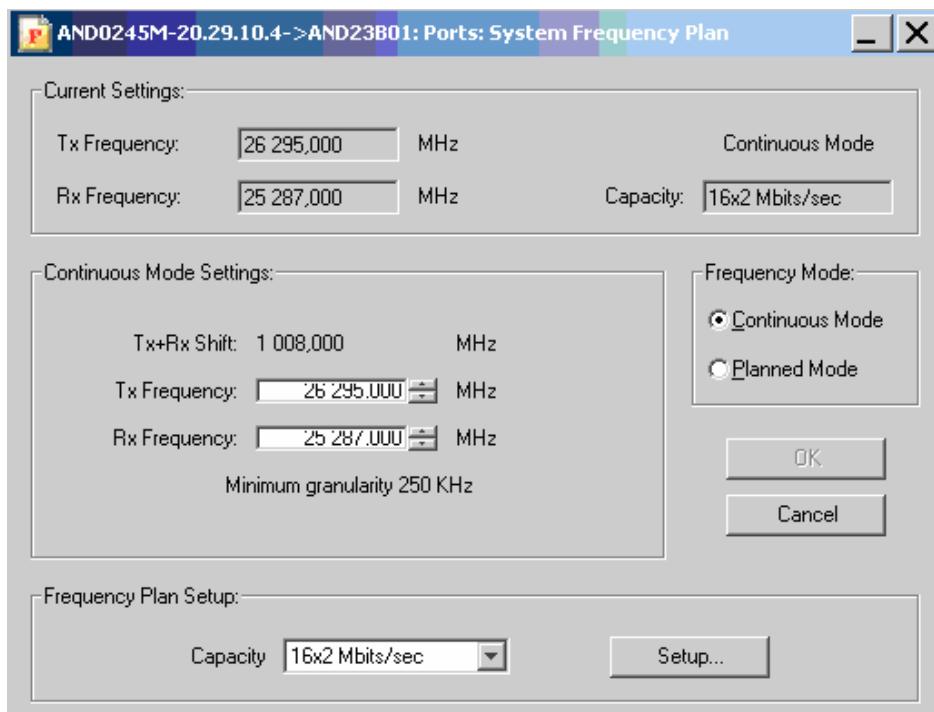


Figura 93. SYSTEM CONFIGURATION DEL AND0245M. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

FREQUENCY

La frecuencia y la potencia son dos parámetros importantes a la hora de diseñar un radioenlace. Aquí se puede modificar la frecuencia de transmisión y de recepción. La frecuencia de transmisión tiene que coincidir con la frecuencia de recepción del remoto y la de recepción con la de transmisión del extremo remoto. La pérdida de suministro del vano puede provocar que la frecuencia se ponga a cero o simplemente un reseteo del radioenlace también puede provocar que se pierda la frecuencia inicial. En la figura 94 se observa la frecuencia del AND0245M en el extremo de la ANDR1004.



94. FREQUENCY DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

TRIBUTARIES

Aquí se podrá deshabilitar los tributarios del radioenlace. Se suele usar para que los tributarios que no están siendo utilizados y por lo tanto no llevan ningún E1 no reporte la alarma de Loss of signal. Los tributarios que transmiten E1 cuando se deshabilitan propagará una alarma remota por los tributarios de los vanos siguientes de la ruta, facilitándonos saber la ruta

exacta de un E1 para cualquier análisis o estudio. En la figura 95 se observa que en el ejemplo que se sigue todos los tributarios están activados.

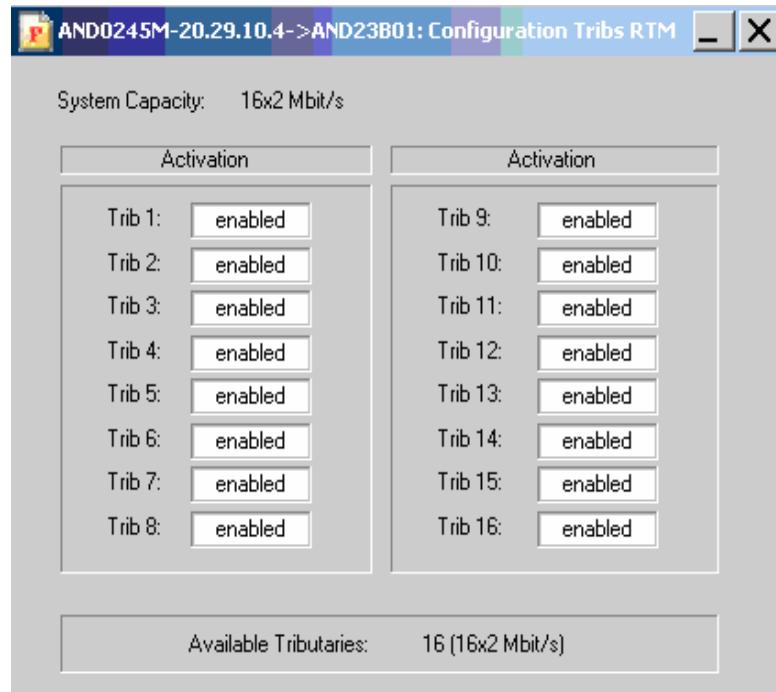


Figura 95. TRIBUTARIES DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

TEST

Aquí se podrá hacer ping en local o en remoto. En local, se devuelve la señal hacia el interior del equipo y en remoto hacia el exterior. Para resumir este apartado, se va a suponer que las dos rutas de la BTSE ANDR1004 son:

EXTREMO A	EXTREMO B	RADIOENLACE	QTILP
ANDR1004	AND23B01	AND0245M1	7-2 LADO A
ANDR1004	ANDR1112	AND0244M3	-
ANDR1112	ANDR0347	AND0243M7	
ANDR0347	AND23B01	AND0464M8	7-2 LADO B

Si se hace un bucle local en el extremo ANDR1004 en el radioenlace AND0245M1 la señal irá hacia el interior recorriendo el camino AND0245M1-AND0244M3-AND0243M7-AND0464M8-QTLP LADO B. El puerto físico de la BSC que recibe el E1 de 2,048 Mb/s, es decir el PCMB explicado en el bloque 1, se denomina QTLP. Si el bucle es remoto, la señal seguirá el camino AND0245M1-QTLP LADO A. Esta opción nos permite saber la continuidad de la ruta y donde podemos tener algún problema de transmisión. En la figura 96 se observa las dos opciones de realizar el bucle, local y remoto.

Tests		
	Local Loop	Remote Loop
Trib 1:	disabled	disabled
Trib 2:	disabled	disabled
Trib 3:	disabled	disabled
Trib 4:	disabled	disabled
Trib 5:	disabled	disabled
Trib 6:	disabled	disabled
Trib 7:	disabled	disabled
Trib 8:	disabled	disabled
Trib 9:	disabled	disabled
Trib 10:	disabled	disabled
Trib 11:	disabled	disabled
Trib 12:	disabled	disabled
Trib 13:	disabled	disabled
Trib 14:	disabled	disabled
Trib 15:	disabled	disabled
Trib 16:	disabled	disabled

Figura 96. TEST DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

CONTROLLER

Este apartado engloba la parte software de los equipos que componen el radioenlace. El software bank permite tener dos versiones de software, bank 1 y bank 2. Los dos extremos del radioenlace tienen que tener el mismo software. Como se indicó al comienzo de este bloque, la controladora es el equipo de la IDU que permite tener supervisión remota del radioenlace. Se puede resetear la controladora del vano con la opción reset, como se observa en la figura 97. Los vanos se suelen resetear cuando por diversas causas, ya sean climatológicas o problemas de hardware no está transmitiendo correctamente y está introduciendo errores. El reset del vano no suele ser una solución definitiva a los problemas de calidad pero si provisional. En la figura 98 se observa las dos versiones de software, que en este caso en concreto son la misma.



Figura 97. CONTROLLER RESET DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

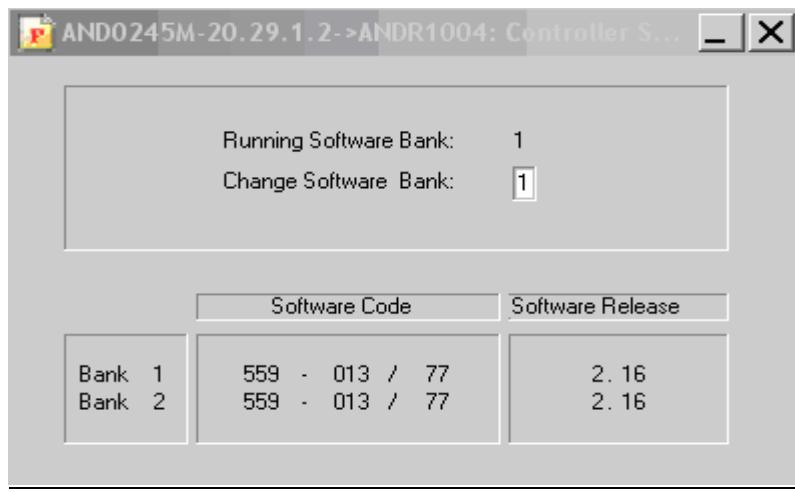


Figura 98. CONTROLLER SOFTWARE DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

INVENTORY

Se almacena los códigos de los repuestos que hay en el radioenlace. Cada repuesto, según tecnología y frecuencia, tiene su propio código de repuesto. Es útil para ir gestionando el repuesto sin necesidad de que un técnico de campo tenga que desplazarse hasta el emplazamiento. En la figura 99 se observa el código de repuesto de la ODU del extremo de la AND23B01 del AND0245M.

AND0245M-20.29.1.2->ANDR1004: ODU 1 Factory Data						
Hardware Code:	732-	221/	26B	006	ed.	--
Serial Number:	4936	7053	91			
Manufacturer:	ITAL					
Manufacturing Site:	CASS					
Manufacturing Business Unit:		BUSR				
Date of Commissioning:	06	-	2004			

Figura 99. INVENTORY ODU DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

MEASUREMENTS

Se podrá hacer histórico de los parámetros de calidad y de indisponibilidad, así como de las alarmas. En la figura 100 se observa el performance del vano AND0245M. El performance por días engloba los últimos 4 días. También está la opción de hacer el performance por horas.

Day History	UAS	SES	ES	BEE	OI	Number of Seconds
06 Jul 2012	9316	0	1	2303	1	86401
07 Jul 2012	86400	0	0	0	0	86400
08 Jul 2012	86400	0	0	0	0	86400
09 Jul 2012	86400	0	0	0	0	86400
Current Day						
10 Jul 2012	43851	0	0	0	0	43850

Figura 100. PERFORMANCE DAY DEL AND0245M. EN ANDR1004 FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER

Todo lo explicado hasta ahora corresponde con los radioenlaces PDH de Siemens. A continuación se va a explicar los aspectos más importantes del gestor de radioenlaces SDH. El SDH no puede realizar bucles en tributarios ya que la transmisión va por un STM-1 hasta el extremo remoto. En ambos extremos de un radioenlace SDH se encuentra los SMAK. El gestor es el Netviewer TNMS. La función del SMAK es demultiplexar en 2Mb/s la transmisión del vane SDH. El SMAK sacará E1s de PDH a través de puertos físicos denominados LOI2M. En la figura 101 se observa el SMAK SE0265E1. Haciendo doble clic en LOI2M se abrirá los 63 puertos físicos del SMAK.

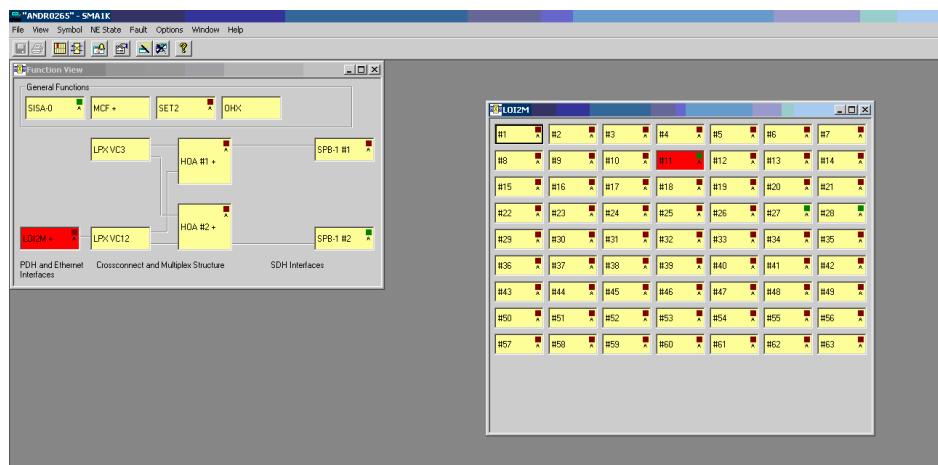


Figura 101. SMAK DE SDH. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER TNMS

Haciendo click sobre los puertos físicos se podrá ver las alarmas que tiene y hacer bucle hacia el interior, es decir, hacia el SMAK remoto. En LPX VC12 estarán las crossconexiones creadas, para que el E1 que entre en una LOI salga por otra LOI del SMAK remoto. En la figura 102 se observa que solo hay 2 crossconexiones creadas, para la LOI 27 Y 28. La LOI 27 utiliza el TP03 y la LOI 28 EL TP07. Ambos TP salen por la HOA2, por lo tanto tendrá el mismo destino. En el remoto habrá que asociar la LOI por la que queramos sacar la transmisión que le llega a la LOI 28 del SE0256E1 al TP07 y la misma operación para la LOI2.

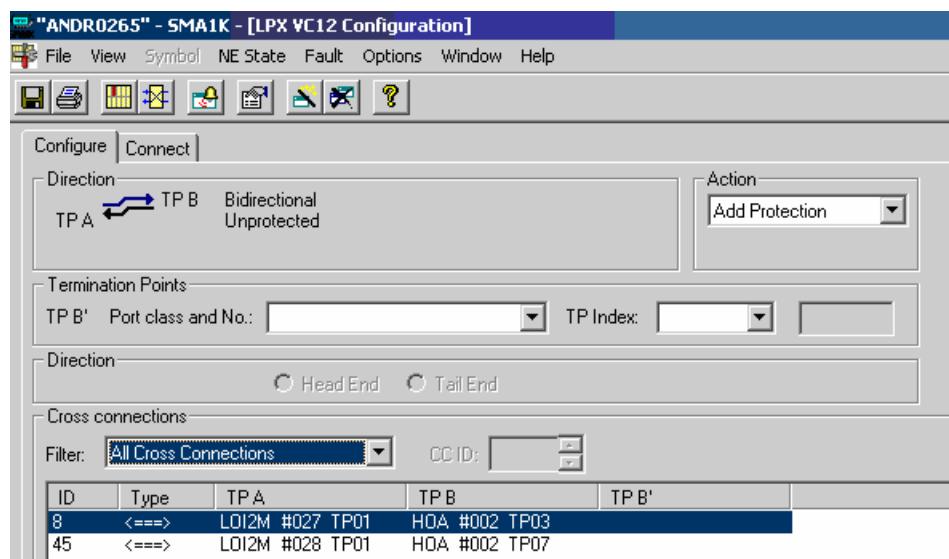


Figura 102. SMAK DE SDH CROSSCONEXIONES. FUENTE: GESTOR SIEMENS NETVIEWER TNMS

BIBLIOGRAFIA

- BBDD DE NOKIA SIEMENS NETWORKS
- BBDD DE SIEMENS
- BBDD DE ORANGE
- LIBRO DE RADIACION Y RADIOPCOMUNICACION
- INTERNET
 - http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/14073460/tdma_fdma-y-cdma.html
 - http://www.ini-tel.ru/datadocs/doc_451ni.pdf
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesio%C3%B3crona
 - <http://www.telefoniacelular.com.uy/>

ACRONIMOS

ACOM:	Antenna Combiner
ALCO:	Alarm Control
BSC:	Base Station Controller
BBSIG:	Baseband and Signalling Processor Unit
BER:	Bit Error Ratio
BSCI:	Base Station Controller Interface
BTSE:	Base Transceiver Station Equipment
CCTRL:	Core Control
CDMA:	Code Division Multiplex Access
DCPA:	Direct Current Supply for Power Amplifier
DCTPU:	Direct Current Supply for TPU
DCS:	Digital Cellular System
ES:	Errored Second
GPRS:	General Packet Radio Service
GSM:	Global System for Mobile Communications
HSDPA:	High Speed Downlink Packet Access
IDU:	Indoor Unit
IMT-2000:	International Mobile Telecommunications-2000
ITU:	International Telecommunication Union
LAPD:	Link Access Protocol D
LI:	Link Interface
LOF:	Loss of Frame
LOS:	Loss of Signal
MCLK:	Master Clock
MMU:	Memory Management Unit
MSC:	Mobile Switching Centre
MSCI:	Mobile Switching Centre Interface
ODU:	Outdoor Unit
PA:	Power Amplifier
PDH:	Plesiochronous Digital Hierarchy
RAI:	Remote Alarm Indication
RAU:	Radio Unit
SDH:	Synchronous Digital Hierarchy
SES:	Severely Errored Second
STM-1:	Synchronous Transport Module Level 1
TDMA:	Time Division Multiplex Access
TRAC:	Transcoder and Rate Adapter Circuit
TRAU:	Transcoding and Rate Adapter Unit
TRX:	Transceiver
UMTS:	Universal Mobile Telecommunications System