

laSalle

UNIVERSITAT RAMON LLULL

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria La Salle

Treball Final de Màster

Màster Universitari en Enginyeria de Xarxes i Telecomunicacions

Sistemas TETRA: pasado, presente y futuro de las comunicaciones móviles privadas

Alumne
Borja José Marín Santos

Professor Ponent
Ricard Aquilué de Pedro

ACTA DE L'EXAMEN DEL TREBALL FI DE CARRERA

Reunit el Tribunal qualificador en el dia de la data, l'alumne

D. Borja José Marín Santos

va exposar el seu Treball de Fi de Carrera, el qual va tractar sobre el tema següent:

Sistemas TETRA: pasado, presente y futuro de las comunicaciones móviles privadas

Acabada l'exposició i contestades per part de l'alumne les objeccions formulades pels Srs. membres del tribunal, aquest valorà l'esmentat Treball amb la qualificació de

Barcelona,

VOCAL DEL TRIBUNAL

VOCAL DEL TRIBUNAL

PRESIDENT DEL TRIBUNAL

ABSTRACT

Tras estos últimos años estrechamente ligado al mundo de las comunicaciones móviles y en especial al sector privado, he creído interesante analizar en profundidad la evolución de éstas en los últimos tiempos, y dar un poco de luz al futuro y evolución de las mismas.

Para ello, compararemos los sistemas analógicos que han reinado en el ámbito de las comunicaciones profesionales y de emergencia hasta hace poco tiempo, con el nuevo estándar TETRA, profundizando en sus aspectos comúnmente desconocidos.

Es de especial utilidad para este objetivo, el análisis exhaustivo de un plan de red de comunicaciones municipal, como es el de la Línea 9 del metro de Barcelona, desde sus inicios como concurso en fase de proyecto, hasta el despliegue de la misma red, arquitectura del sistema y redundancias, sin dejar atrás las principales dificultades que han ido surgiendo a lo largo de su evolución.

ÍNDICE

	Página
1. Introducción	9
2. PMR convencional vs TETRA	12
2.1.- Normativa ETSI	14
2.2.- Sistemas TETRA	14
2.2.1.- Modos de trabajo.....	14
2.2.2.- Dimensionamiento.....	15
2.2.2.1.- Cálculo de disponibilidad en un sistema TETRA.....	15
2.2.2.1.1.-Ámbitos de aplicación.....	15
2.2.2.1.2.-Condiciones ambientales.....	16
2.2.2.1.3.-Definiciones.....	16
2.2.2.1.3.1.-MTBF.....	16
2.2.2.1.3.2.-R(T) Disponibilidad de no error en un intervalo de tiempo T.....	17
2.2.2.1.3.3.-Disponibilidad (A)	17
2.2.2.1.3.4.- MTTR Tiempo medio de reparación.....	17
2.2.2.1.3.5.- Disponibilidad con unidades redundantes.....	18
2.2.2.1.4.- Cálculo práctico.....	18
2.2.3.- Características técnicas.....	19
2.2.4.- Canales físicos vs lógicos.....	22
2.2.5.- Codificación de audio.....	22
2.2.6.- Protocolo aire.....	23
2.2.6.1.- Encriptación.....	25
2.2.6.2.- Autenticación.....	26
2.2.7.-Características funcionales.....	28
2.2.8.- Esquemas de trabajo.....	29
2.2.9.- Funciones de usuario.....	30
2.3.- Eficiencia espectral de la tecnología TETRA	31
2.4.- TETRA Enhanced Data Service (TEDS)	32
3. Infraestructura TETRA	36
3.1.- Ventajas del uso de la tecnología IP	37
3.1.1.- Matriz de conmutación software distribuida por paquetes.	37
3.1.2 – Disponibilidad de los servicios estándar sobre IP para mantenimiento.....	38
3.2.- Esquema típico de conexión	39
3.3.- Alternativas para enlaces entre la Estación Base y el Nodo de Control	39
3.3.1.- Ejemplos de conectividad.....	40
3.3.1.1.- Enlaces síncronos.....	40
3.3.1.2 Enlaces asíncronos de capa 2 (Ethernet).....	41

3.3.1.3 Enlaces asíncronos de capa 3 (IP).....	42
3.4.- Redundancias.....	42
3.4.1.- Redundancia de CNC.....	43
3.4.2.- Redundancia de NMS.....	44
3.4.3.- Redundancia de Ethernet.....	44
3.4.4.- Redundancia de Paths o caminos.....	44
3.4.5.- Redundancia de Firewall.....	45
3.4.6.- Redundancia y modos degradados de los enlaces	46
3.4.6.1.- Modo de funcionamiento degradado.....	46
3.5.- Conectividad con aplicaciones externas.....	47
3.5.1.- Funcionalidades a considerar.....	48
3.5.2 Conexionado físico del sistema.....	49
3.5.3.- Conexión mediante VPN.....	49
3.6.- Topología de red de la infraestructura TETRA.....	50
3.6.1.- Topología con enlaces síncronos.....	51
3.6.2.- Topología con enlaces asíncronos.....	52
3.6.3.- Topología con enlaces mixtos (síncronos y asíncronos).....	53
3.7.- Interfaces y Gateways.....	54
3.7.1.- Interfaces disponibles en el sistema TETRA.....	54
3.7.2.- Gateways para la interconexión con TETRA.....	55
3.7.2.1.- Gateway ISDN telefónico BRI.....	55
3.7.2.1.1.- Características técnicas.....	55
3.7.2.2.- Gateway SMS-GSM.....	57
3.7.2.3.- Gateway ISDN telefónico PRI.....	58
3.7.2.3.1.- Características técnicas.....	59
3.7.2.4.- Gateway analógico telefónico.....	59
3.7.2.4.1.- Características técnicas.....	61
3.7.2.5.- Gateway VoIP telefónico.....	61
3.7.2.5.1.- Características técnicas.....	63
4. Funcionalidades TETRA.....	64
4.1.- Sistemas de gestión de red.....	66
4.1.1.- NMS.....	66
4.1.1.1.- Introducción.....	66
4.1.1.2.- Características técnicas.....	68
4.1.1.3.- Funcionalidad del NMS.....	70
4.1.1.4.- Tipos de usuario autorizados.....	71
4.1.1.5.- Puesto cliente del sistema de gestión.....	71
4.1.1.5.1.- Módulo de gestión de fallos.....	72
4.1.1.5.2.- Histórico de incidencias.....	73
4.1.1.5.3.- Módulo de estadísticos.....	74
4.1.2.- SNI (Site Node Interface)	75
4.1.2.1.- SNI Ethernet.....	75
4.1.2.1.1.- Introducción.....	75
4.1.2.1.2.- Características técnicas.....	75
4.1.3.- LSC (Local Switch Controler).....	77

4.1.3.1.- Introducción.....	77
4.1.3.2.- Características técnicas.....	77
4.1.4.- Tarjeta de sincronismo SYNC.....	78
4.1.4.1.- Introducción.....	79
4.1.4.2.- Características técnicas.....	79
4.1.5.- MAM (Main alarm Module).....	80
4.1.5.1.- Introducción.....	80
4.1.5.2.- Características técnicas.....	80
4.1.6.- PTS (Power temperature Sensor).....	81
4.1.6.1.- Introducción.....	81
4.1.6.2.- Características técnicas.....	82
4.1.7.- SIS (Site Interconnection System)	82
4.1.8.- Gateway PDP.....	84
4.2.- Tipos de llamada y servicios de datos. Posibilidades y limitaciones.....	85
4.2.1.- Tipos de servicios de conmutación.....	85
4.2.2.- Modos de operación.....	85
4.2.2.1.- Modo directo.....	85
4.2.2.2.- Modo a través de repetidor.....	86
4.2.2.3.- Modo directo a través de pasarela.....	87
4.2.3.- Servicios básicos de voz.....	87
4.2.3.1.- Llamadas individuales.....	89
4.2.3.2.- Llamadas de grupo.....	89
4.2.3.3.- Llamada general.....	91
4.2.3.4.- Llamada de emergencia.....	91
4.2.4.- Servicios adicionales de voz.....	92
4.2.5.- Servicios básicos de datos.....	95
4.2.5.1.- Transmisión de datos de estado.....	96
4.2.5.2.- Transmisión de datos cortos.....	96
4.2.5.3.- Transmisión de datos largos.....	98
4.3.- Seguridad: Encriptación aire y Algoritmos de cifrado.....	101
4.3.1.- Introducción.....	101
4.3.2.- Autenticación.....	102
4.3.2.1.- Autenticación MS iniciado por SWMI.....	102
4.3.2.2.- Autenticación mutua iniciada por SWMI.....	102
4.3.3.- Distribución de claves TETRA.....	102
4.3.4.- Air Interface encryption.....	103
4.3.4.1.- AIE por DCK.....	103
4.3.4.2.- OTAR.....	103
4.3.5.- Interacción de servicios.....	104
4.3.6.- Algoritmo de cifrado TETRA KSC.....	104
4.3.7.- Capacidad de servicios mixtos.....	105
4.4.- Firewall TETRA.....	106
5.-Equipos TETRA.....	108
5.1.- Descripción de los equipos.....	109
5.2.- Tipología de terminales.....	111

5.2.1.- Terminal portátil HTT-500.....	112
5.2.1.1.- Accesorios.....	114
5.2.2.- Terminal móvil MDT-400.....	115
5.2.2.1.- Accesorios.....	117
5.2.3.- Terminal de despacho DT-410.....	119
5.3.- Unidad de control remota para equipos móviles.....	120
5.3.1.- Embarcaciones.....	121
5.3.2.- Motocicletas.....	122
5.4.- Subsistemas en equipos embarcados.....	125
5.4.1.- Autobuses.....	126
5.4.2.- Metro ligero.....	128
5.4.3.- Metro pesado.....	130
5.4.4.- SAE.....	134
5.4.4.1.- La red de comunicaciones.....	135
5.4.4.2.- El proyecto de migración.....	137
5.4.5.- Estación móvil.....	139
6. Centros de Control.....	141
6.1.- Centro de mando y control. Gestión operativa.....	142
6.2.- Características principales.....	145
6.3.- Aplicación de localización GIS.....	147
6.3.1.- Capacidad de memoria.....	148
6.3.2.- Parametrizaciones.....	149
6.3.3.- Polling.....	150
6.3.4.- Usuarios.....	151
6.4.- Servidor WEB.....	151
6.5.- Históricos.....	152
6.6.- Interconexión con otras redes.....	153
7. Proyecto real: L9 Metro BCN.....	155
7.1. Punto de partida.....	158
7.1.1. Fases de inauguración.....	159
7.2. Arquitectura del sistema.....	161
7.2.1. Arquitectura física.....	161
7.2.1.1. Arquitectura de la red TETRA.....	161
7.2.1.2. Arquitectura de los amplificadores de cobertura.....	162
7.2.2. Red de distribución.....	163
7.2.2.1. Red de distribución de megafonía embarcada.....	163
7.2.2.2. Red de distribución de interfonía embarcada.....	165
7.2.3. Arquitectura radio.....	166
7.2.3.1. Arquitectura radio asociada a los túnele.s.....	166
7.2.3.2. Arquitectura radio asociada a las estaciones tipo L9.....	167
7.2.3.3. Arquitectura asociada a las estaciones tipo Viaducto.....	168
7.2.3.4. Arquitectura asociada a las estaciones tipo convencional.....	169
7.2.3.5. Arquitectura asociada a otras dependencias.....	169
7.2.3.5.1. Pozos de evacuación.....	169

7.2.3.5.2. Subestación Receptora de Sagrera.....	170
7.2.4. Arquitectura lógica.....	171
7.2.4.1. Arquitectura lógica.....	171
7.3. Equipamiento a instalar.....	173
7.3.1. Alcance del suministro.....	173
7.3.1.1. Unidades Maestro Ópticas.....	174
7.3.1.2. Unidades Remotas Ópticas.....	175
7.3.1.3. Amplificadores bidireccionales.....	176
7.3.1.4. Cable Radiante.....	177
7.3.1.4.1. Cable radiante 1-1/4 ".....	177
7.3.1.4.2. Cable radiante 1/2".....	177
7.3.1.5. Elementos Pasivos.....	178
7.3.1.6. Antenas.....	178
7.4. Interfaces.....	179
7.4.1. Interfaces con otros sistemas de comunicaciones.....	179
7.4.2. Interfaces con otros proyectos.....	179
7.4.2.1. Interfaces con el Material Embarcado.....	179
7.4.2.2. Interfaces con el PCC.....	181
7.5. Redundancias.....	182
7.5.1. Redundancia de equipamiento.....	182
7.5.2. Redundancia de cobertura.....	182
7.5.3. Redundancia de equipamiento de conmutación.....	182
7.5.4. Redundancia de CNC.....	182
7.5.5. Redundancia en el sistema de supervisión NMS.....	182
7.5.6. Redundancia de tarjetas SNI.....	183
7.5.7. Redundancia de Gateway de Mantenimiento.....	183
7.5.8. Redundancia de Gateway telefónico VoIP.....	183
7.5.9. Redundancia del sistema de grabación.....	183
7.5.10. Redundancia en los lugares de Administración de red, supervisión de red y operadores despacho.....	183
7.6. Gestión del Sistema.....	184
7.6.1. Network Management System.....	184
7.6.2. Line Dispatcher.....	185
7.6.3. Arquitectura del sistema de Gestión.....	186
7.7. Disponibilidad y dimensionamiento.....	187
7.7.1. Cálculo de tráfico.....	187
7.7.1.1. Tráfico de voz.....	187
7.8. Limitaciones de los sistemas móviles bajo tierra.....	190
7.8.1. Balance de potencia radioeléctrico.....	190
7.8.2. Arquitectura de red estación tipo L9.....	194
7.8.2.1. Esquema general.....	194
7.8.2.2. Nivel instalaciones.....	195
7.8.2.3. Nivel andén inferior.....	196
7.8.2.4. Nivel andén superior.....	196
7.8.3. Arquitectura de red estación tipo viaducto.....	197
7.8.3.1. Nivel superior.....	197

7.8.3.2. Nivel andenes.....	198
7.8.3.3. Nivel acceso.....	198
7.8.4. Arquitectura de red estación tipo convencional.....	199
7.8.4.1. Esquema general.....	199
7.8.4.2. Planta instalaciones.....	200
7.8.4.3. Vestíbulo, andenes y salida emergencia.....	200
7.9. Operación en Modo Degradado.....	201
7.9.1. Pérdida de enlace entre la SBS y el nodo central.....	202
7.9.2. Fallo de portadora en SBS4.....	202
7.10. Configuración de flotas, grupos y terminales.....	203
7.10.1. Flotas.....	203
7.10.2. Grupos.....	203
7.10.2.1. Permisos de flotas generales.....	204
7.10.2.2. Permisos de grupo generales.....	204
7.10.2.3. Permisos específicos.....	204
7.10.2.4. Cifrado y autenticación.....	204
7.11. Plan de Frecuencias.....	205
7.12. Descripción del sistema RESCAT.....	207
7.12.1. Descripción General.....	207
7.12.2. Equipamiento.....	207
7.12.2.1. Estaciones Base.....	207
7.12.2.2. DXTip.....	207
7.12.2.3. DWSx C.....	208
7.12.2.4. DN2.....	208
7.12.2.5. OMUs y Rus.....	209
7.12.2.6. Lista de Componentes.....	209
7.12.2.7. Diagramas de Bloques.....	210
7.12.3. Sistemas de Gestión.....	210
7.12.4. Redundancias.....	210
7.12.4.1. Redundancia de equipamiento.....	210
7.12.4.1.1. Enlaces.....	210
7.12.4.1.2. Punto de Gestión Técnica de la Red.....	211
7.12.4.2. Redundancia de elementos.....	211
7.12.4.2.1. Centro de Conmutación.....	211
7.12.4.2.2. Estaciones Base.....	211
7.12.5. Identificación de los regímenes de explotación.....	212
7.12.6. Expectativas de vida.....	212
7.12.7. Condiciones de entorno.....	212
7.13. Principales problemas encontrados.....	212
7.13.1. Amplificadores de cobertura.....	213
7.13.2. Diferentes tipos de arquitectura radio.....	214
7.13.2.1. Arquitectura radio asociada a los túneles.....	214
7.13.2.2. Arquitectura radio asociada a las estaciones tipo L9.....	215
7.13.2.3. Arquitectura asociada a las estaciones tipo Viaducto.....	216
7.13.2.4. Arquitectura asociada a las estaciones tipo convencional.....	216

7.13.2.5. Arquitectura asociada a otras dependencias.....	217
7.13.2.5.1. Pozos de evacuación 1, 2, 3, 6 ^a y 7b.....	217
7.13.2.5.2. Subestación receptora de Sagrera.....	218
8. Conclusiones y líneas de futuro.....	219
9. Índice de figuras.....	222
10. Bibliografía.....	226

1. -INTRODUCCIÓN

Es bien cierto que los principios básicos sobre las comunicaciones electrónicas no difieren mucho de aquellas en sus comienzos, pero la verdad es que los métodos por los que éstas se han implantado han sufrido cambios sorprendentes en los últimos años, entre otras cosas y como era de esperar, por el avance de la tecnología.

Es algo imprescindible para entender el por qué de este proyecto, tener presente los inicios de las comunicaciones electrónicas, y sus implicaciones en las distintas formas que han tomado según su evolución. Gracias a todas ellas hoy en día encontramos algo natural estar en contacto permanente, y más sabiendo que no hace mucho tiempo, el movimiento era algo que no entraba en la ecuación de las comunicaciones personales. Cuando recibíamos una llamada de un amigo, compañero o familiar, era porque estábamos localizables en un lugar fijo, ya fuera en casa o en el trabajo. Ahora miramos atrás y nos parece increíble poder haber vivido sin la libertad de la que disponemos ahora, y que ni tan sólo nos cuestionamos o preguntamos cómo hemos llegado hasta aquí.

Todo surgió de la idea de la comunicación en movimiento, ya fuera mientras nos desplazábamos a otro lugar, o bien mientras no estábamos localizables en un lugar fijo. En ese momento, surge la necesidad de los sistemas inalámbricos móviles. Y precisamente en la evolución de la tecnología para lograr este objetivo surgen los sistemas de comunicación celular, que actualmente, de todos los sistemas inalámbricos fue el que tomó mayor empuje a finales de la década de los noventa y el que posee gran perspectiva de futuro, aunque pueda parecer que el principio no evoluciona de la misma manera en que lo ha hecho hasta el momento.

No fue hasta el 1997 cuando aparecieron los sistemas Trunking. Se trata de sistemas de radio móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios, y que cumplen con los principios de red formada por celdas, donde los usuarios comparten los recursos del sistema y también existen canales prioritarios o de emergencia, que sólo pueden ser usados con usuarios de prioridad determinada, y que tienen ventaja sobre el resto del grupo, llegando a poder cortar una comunicación existente para liberar el canal.

Aunque tienen en común con los sistemas GSM su estructura celular, cabe destacar que tienen un número cerrado de usuarios, principalmente para empresas o servicios de índole público. Las redes se dimensionan en función del número máximo de usuarios que deben soportar.

En la actualidad, la expectativa de tiempo de vida de los sistemas troncalizados analógicos es extremadamente baja. Este es el principal motivo por el cual las diferentes organizaciones y empresas no apuestan por la adquisición de esta clase de tecnología. MPT-1327 permite una solución cómoda en cuanto al coste de la implementación. TETRA, en cambio, es un sistema que requiere una inversión considerable, es ese el motivo por el cual su éxito está en los sectores de seguridad pública y servicios de emergencias, ya que en estas aplicaciones las principales empresas son estatales o

grandes empresas que pueden cubrir los gastos que requiere la implementación de este sistema.

En el mercado existen múltiples empresas que se dedican a proveer soluciones en el campo de las comunicaciones móviles y específicamente un gran número de aplicaciones que se basan en la plataforma TETRA. Uno de los puntos fuertes de la estándar TETRA es que es un sistema muy flexible y permite la convivencia de varias tecnologías sobre su plataforma.

El mercado de las comunicaciones PMR se basa en estándares ya sean prioritarios o abiertos. Por ejemplo en el mercado Norteamericano, el estándar actual APCO25 es el paso natural del anterior estándar APCO16. Sin embargo, TETRA no surgió como una evolución natural del MPT-1327, sino que supone un cambio mucho más abrupto. Debido a este gran inconveniente, muchos fabricantes posibilitan la migración paulatina de sus sistemas analógicos a TETRA, mediante la interconexión de ambos, ya sea a través de la misma infraestructura o de un centro de control que haga de puente entre los diversos estándares.

TETRA se basa en TDMA, por lo que optimiza su utilización en el despliegue de zonas urbanas muy pobladas, ya que la capacidad que tiene una portadora es muy alta para zonas rurales en las que con tan sólo uno o dos canales sería suficiente. Cuando no se trata de aplicaciones de alta velocidad o de aplicaciones de seguridad, los canales MPT pueden ser reemplazados por portadoras TETRA.

En el apartado de funcionalidades podremos ver como la interoperabilidad entre usuarios que utilizan terminales de diferentes fabricantes está asegurada gracias a los diferentes sistemas de gestión y servicio de datos, la estandarización de los sistemas de protección y cifrado, así como el envío de mensajes cortos y status.

Por último y no menos importante, analizaremos un proyecto real de un alto valor añadido para la ciudad de Barcelona, y pionero por sus avances tecnológicos en el futuro del transporte público. Se trata de la nueva Línea 9 del metro de Barcelona, que se extiende a través de 47.8 km, y ostenta el título de ser la línea subterránea más larga de Europa, conectando los municipios de Santa Coloma de Gramenet, Badalona, Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat i el Prat de Llobregat.

La Línea 9/10 ofrecerá servicio a barrios que, hasta ahora, no tenían metro, como el Bon Pastor, Llefà, La Salut, Singuerlín, Pedralbes y Zona Franca, conectando la población de los cinco municipios por donde pasa.

Además, unirá puntos estratégicos, centros logísticos, zonas de equipamientos y zonas de servicios, como el Aeropuerto, la Zona Franca, la Fira, la ampliación del Puerto, la Ciutat de la Justícia, el campus universitario de la Diagonal, la estación de Sagrera TAV, el Hospital de Sant Pau, el Parc Güell, el Camp Nou y la Ciutat del Bàsquet.

Los trenes de la línea L9 circulan sin conductor gracias a un sistema de control automático. Estos trenes tienen una longitud de casi 90 metros y 5 vagones continuos, donde hay espacio para 960 personas en cada uno.

Las estaciones se construyen mediante un pozo de 25 metros de diámetro por los cuales circularan ascensores que permiten el acceso y la salida de los pasajeros ya que se ha descartado la instalación de escaleras mecánicas por la profundidad (excepto entre el vestíbulo y la calle que sí que hay). Debemos tener en cuenta que en Barcelona ya existe un entramado de vías subterráneas pertenecientes a las otras líneas, y la línea casi en su totalidad se ha debido construir a un gran profundidad, en puntos concretos se ha tenido que excavar hasta 90 metros bajo tierra.

Por este, entre otros motivos, ha sido de vital importancia la elección de la tecnología TETRA en las comunicaciones móviles, que permite tener una cobertura óptima incluso en este tipo de terreno. Veremos de qué forma se consigue, el tipo de limitaciones que tiene el sistema bajo tierra y cuáles son las particularidades del protocolo TETRA que se han debido potenciar en este proyecto en particular.

No hay que olvidar que cada proyecto nuevo conlleva una gestión del sistema, y este hecho se acentúa todavía más en el caso de un transporte público a gran escala, donde se debe tener muy en cuenta el tipo de usuarios que va a tener, los grupos y subgrupos de operación, emergencias, control, seguridad, y un largo etcétera que también detallaremos.

Para dar soporte técnico y de supervisión y control a la línea, el metro L9 de Barcelona está dotado de dos centros de control y supervisión a gran escala, con más de 30 operadores cada uno, y sistemas de vigilancia y registro que deben funcionar 24 horas, independientemente de la operatividad del metro en esos tramos horarios.

Para ello se han dividido en dos grandes posiciones estratégicas, denominadas PCC y PCE (redundante), en las que los operadores y despachadores se encargan de atender y redireccionar las posibles incidencias, averías, peticiones de interfonía, llamadas de emergencia, y todos los servicios de llamadas que pasan a través del centro de control.

2. PMR CONVENCIONAL VS. TETRA

2.1.- Normativa ETSI

2.2.- Sistemas TETRA

2.2.1.- Modos de trabajo

2.2.2.- Dimensionamiento

2.2.2.1.- Cálculo de disponibilidad en un sistema TETRA

2.2.2.1.1.-Ámbitos de aplicación

2.2.2.1.2.-Condiciones ambientales

2.2.2.1.3.-Definiciones

2.2.2.1.3.1.-MTBF

2.2.2.1.3.2.-R(T) Disponibilidad de no error en un intervalo de tiempo T

2.2.2.1.3.3.-Disponibilidad (A)

2.2.2.1.3.4.- MTTR Tiempo medio de reparación

2.2.2.1.3.5.- Disponibilidad con unidades redundantes

2.2.2.1.4.- Cálculo práctico

2.2.3.- Características técnicas

2.2.4.- Canales físicos vs lógicos

2.2.5.- Codificación de audio

2.2.6.- Protocolo aire

2.2.7.-Características funcionales

2.2.8.- Esquemas de trabajo

2.2.9.- Funciones de usuario

2.3.- Eficiencia espectral de la tecnología TETRA

2.4.- TETRA Enhanced Data Service (TEDS)



2.1.- Normativa ETSI.

Los aspectos principales que engloba el estándar definido por el ETSI son los siguientes:

- **Interfaz aire (AI)**, que asegura operatividad entre terminales de distintos fabricantes. Así se determinan los parámetros que todos los fabricantes deben cumplir para poder trabajar entre ellos sin problemas.
- **Interfaz con el equipo terminal (PEI)**, que facilita el desarrollo de aplicaciones móviles de datos independientes. Así tenemos la posibilidad de implementar diferentes programas específicos que nos aporten datos necesarios para cada proyecto en particular.
- **Interfaz de interconexión de sistemas (ISI)**, que permite la interconexión de redes TETRA de distintos fabricantes.
- **Operación en modo directo (DMO)**, que garantiza la comunicación entre terminales fuera del ámbito de cobertura de la red. Esta es una funcionalidad de gran utilidad cuando implantamos redes en territorios agrestes y que de orografía complicada.

2.2.- SISTEMAS TETRA

2.2.1.- Modos de trabajo.

Los sistemas TETRA, por definición, pueden operar en diferentes modos de trabajo:

- V+D (Voice plus Data)

Transmisión de voz y de datos utilizando una estación base. Es el modo más habitual de trabajo.

- DMO (Direct Mode Operation)

Comunicación entre terminales sin necesidad de estación base. Es lo que se conoce como modo directo, punto a punto.

- PDO (Packet Data Optimized)

Transmisión exclusiva de datos. Como veremos más adelante, podemos encontrarnos con proyectos en los que el principal interés es disponer de un terminal que escanee y envíe información en forma de datos, exclusivamente. En estos casos, trabajaremos en modo datos optimizados, incrementando considerablemente la tasa de envío.

2.2.2.- Dimensionamiento.

Aunque cada proyecto se estudia de forma única y tiene mucha escalabilidad, las dimensiones habituales que puede alcanzar un proyecto TETRA son las siguientes:

- Número estimado de usuarios / red: 100 a 100.000 usuarios.
- Cobertura típica: de 50 Km² a nacional.
- Densidad típica de usuarios: hasta 70 / Km².

2.2.2.1.- Cálculo de la disponibilidad en un sistema TETRA

Este procedimiento proporciona una base de cálculo para la planificación del mantenimiento y para el cálculo del sistema y confiabilidad de la red y la disponibilidad. Los modelos y las estimaciones utilizadas en este documento se pueden utilizar como base la hora de evaluar el efecto de cambios en el diseño de la disponibilidad y el rendimiento de la fiabilidad.

Por supuesto los valores expresados dependen de cada fabricante, así como los elementos que intervienen en una transmisión/recepción de voz, ya que la tasa de fallos se acumula proporcionalmente al número de elementos/componentes que debe atravesar la señal.

Las tasas de fallo de los componentes utilizados en el cálculo de los valores de intensidad de fallo, son los disponibles en primer lugar de la lista siguiente:

1. Fiabilidad de los datos recogidos en la fase de operación del equipo (si están disponibles)
2. Fiabilidad de los datos recogidos de los productos de infraestructura MPT-1327 / TETRA
3. En el caso que no dispongamos de datos reales y lo hagamos de forma teórica, los datos teóricos se utilizan de acuerdo con el estándar HDBK de la norma MIL-217.

La predicción de la intensidad de fallo de los equipos se puede verificar estadísticamente sólo cuando los suficientes datos de fallos previos hayan sido recogidos con anterioridad.

Por lo tanto, los resultados estimativos de un estudio no deben utilizarse nunca como valores de contrato vinculante.

2.2.2.1.1.- Ámbito de aplicación

Este documento sólo se refiere a fallos de hardware, de los elementos siguientes:

- SBS, o estación base del sitio
- SCN, o el cambio de control de nodo

Y no incluye los vínculos entre ellos. El sistema se supone que estará en funcionamiento durante 8760 h / año (24h x 365 días).

Se supone que la instalación y puesta en marcha se han llevado a cabo de acuerdo con las instrucciones. Los posibles fallos causados por un rayo o por sobrevoltaje u otras condiciones no se han tenido en cuenta en los cálculos.

Los valores pronosticados son válidos para un entorno estable, que se inicia generalmente 6 meses después de la aceptación final del sistema. Para las nuevas generaciones TETRA el período de estabilización puede ser mayor.

2.2.2.1.2.- Condiciones ambientales

Los cálculos se basan en una temperatura ambiente promedio de 25 ° C y 40-80% HR Humedad Relativa durante el funcionamiento.

Se supone que el transporte y condiciones de almacenamiento se encuentran dentro de los límites especificados.

2.2.2.1.3.- Definiciones

Intensidad de fallos.

Es el número de fallos en un intervalo de tiempo determinado. Todos los fallos de plug-in (arranque en frío) por unidad se incluyen tanto si alteran la capacidad de tráfico como si no lo hacen.

La intensidad de fallo se mide en FIT's (= número de fallos/10⁹ h).

Para los productos electrónicos, comúnmente se supone que durante el período de vida útil de funcionamiento de las partes éstas tienen una tasa de fallo constante, y la tasa de fallo de los componentes siguen una ley exponencial. En este caso, la intensidad de la fallo del producto puede calcularse como:

$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i$$

2.2.2.1.3.1.- MTBF

MTBF (Mean Time Between Failure) es una abreviatura de tiempo medio entre fallos. El MTBF proporciona una idea la estabilidad de un producto, y se expresa generalmente

en unidades de horas (o años). Cuanto mayor es el tiempo medio entre fallos, más fiable es el producto.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Sólo los fallos que afectan a la capacidad del sistema de tráfico están incluidos.

2.2.2.1.3.2.- R (T) Probabilidad de no error en un intervalo T

$$R(T) = \exp(-T/MTBF)$$

Así, por un producto con un MTBF de 250.000 horas y un tiempo de funcionamiento de 5 años (43.800 horas):

$$R = \exp(-43800/250000) = 0.839289$$

Se entiende que tenemos un 83,9% de probabilidad de que el producto funcionará durante los 5 años sin fallo, o que 83,9% de las unidades en campo seguirán funcionando correctamente 5 años después de su puesta en marcha.

2.2.2.1.3.3.- Disponibilidad (A)

Es la probabilidad de que un artículo esté en un estado óptimo de llevar a cabo una función requerida bajo unas condiciones dadas en un instante dado de tiempo, suponiendo se proporcionan que los recursos externos necesarios.

La disponibilidad puede ser expresada por la siguiente relación:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

La reparación de equipos TETRA significa principalmente la detección de defectos y la sustitución de unidades defectuosas. En este cálculo, estimamos un MTTR (Mean Time To Repair) de 4 horas.

2.2.2.1.3.4.- Tiempo medio de reparación (MTTR)

Se trata del intervalo de tiempo durante el cual un elemento se encuentra en un estado de no funcionamiento debido a un error. El MTTR debe incluir también los tiempos de retraso debidos a causas logísticas y administrativas.

2.2.2.1.3.5.- Disponibilidad con unidades redundantes

Debido a que se suelen suministrar unidades redundantes en el sistema, se utilizan modelos serie-paralelo en el cálculo de la disponibilidad.

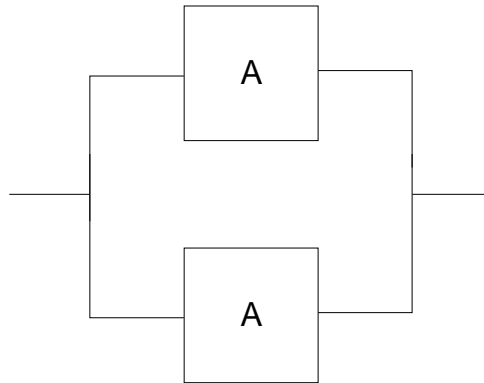


Figura 2.2. Modelo serie-paralelo de sistemas redundantes. Ref [15]

En el caso de dos unidades (con λ_u individual) en paralelo (redundancia) y sistema de reparación, la intensidad de fallo λ_r para este sistema es:

$$\lambda_r = \lambda_u^2 * 10^{-9} * 2 * MTTR$$

En general, $\lambda_r \ll \lambda_u$ y se puede considerar despreciable en caso de que no haya otras unidades redundantes en el sistema.

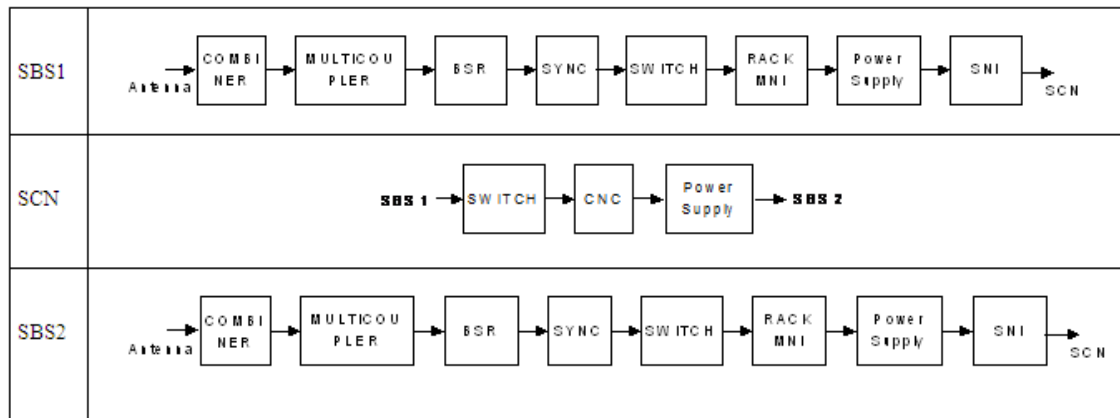
Por ejemplo: $\lambda_u = 16225 \text{ fits}$ $MTTR = 4 \text{ h}$

$$\lambda_r = 2 (16225 \times 10^{-9}) 2 \times 3 = 2.1 \text{ fits}$$

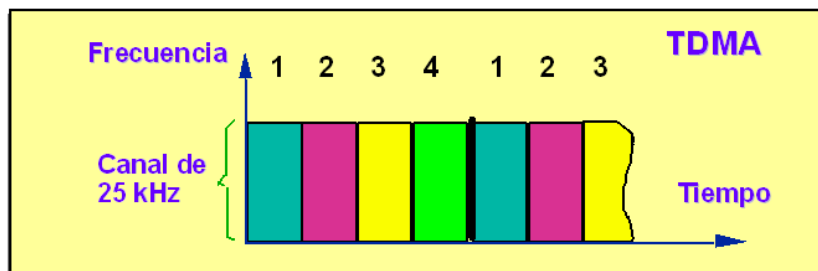
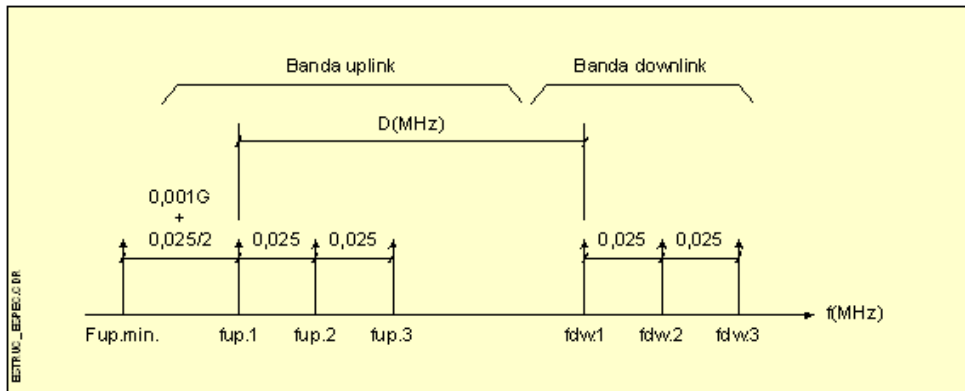
2.2.2.1.4.- Cálculo práctico.

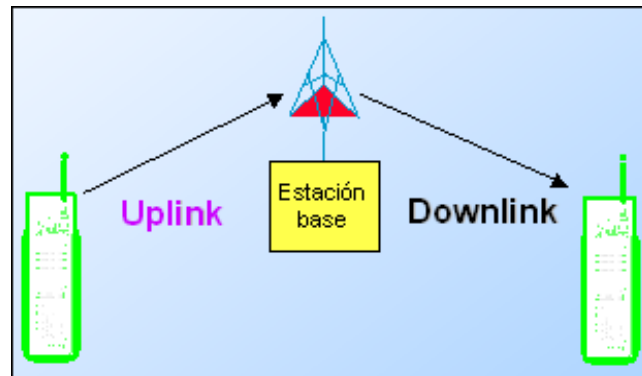
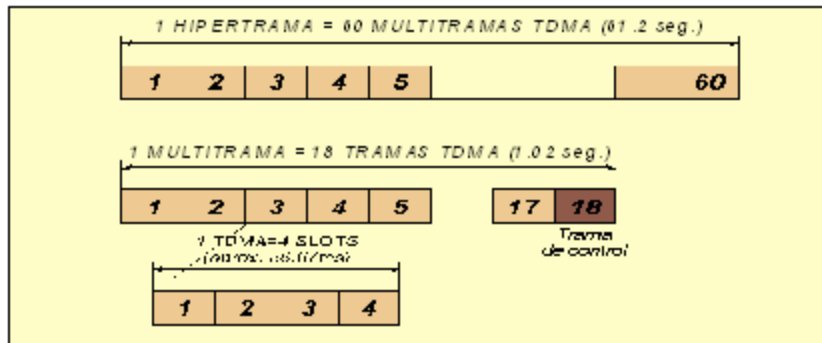
A continuación podemos ver un estudio de disponibilidad de un sistema TETRA de dos SBS de 1 BSR cada una. En el cálculo se analizan todos los elementos por los que tiene que pasar una llamada para llegar de un terminal a otro, de una estación a otra, que es el caso más crítico y el que comprometerá nuestra disponibilidad del sistema global.

Se considera para el cálculo un MTTR de 4 horas, y unos datos de fiabilidad proporcionados por el fabricante:



	Lambda u	Redundancia	Lambda r	Q	Q*Lambda r
Duplexor	1.000	no	1000.0000	0	0.0000
Combinador	1.000	no	1000.0000	2	2000.0000
Multiacoplador	6.667	yes	0.3556	2	0.7112
BSR	20.408	yes	3.3319	2	6.6639
SYNC	2.571	yes	0.0529	2	0.1058
Switch (SBS)	4.695	yes	0.1763	2	0.3527
Switch (SCN)	4.695	yes	0.1763	1	0.1763
Rack MNI	1.530	yes	0.0187	2	0.0375
S.N.I (SBS)	5.477	yes	0.2400	2	0.4800
Power Supply	5.000	yes	0.2000	3	0.6000
CNC	12.107	yes	1.1725	1	1.1725
TOTAL (fits)					2.010,2998
MTBF					0.000497438
MTBF (horas)					497.438,2318
MTTR					4
Disponibilidad= MTBF/(MTBF+MTTR)					99,9992%





2.2.4.- Canales físicos vs lógicos.

Tipos de canales físicos:

- **Canales de control:** Llevan información de control. El canal de control principal (MCCH) siempre suele ir en el timeslot 1 de la portadora principal.
- **Canales de tráfico:** Transportan información de tráfico (ocasionalmente algo de control utilizando 'stealing').
- **Canales no asignados**

Por el contrario, desde el punto de vista lógico, existen dos caminos de comunicación lógicos entre el terminal y la estación base. Representan el interfaz entre el protocolo aire y el subsistema radio.

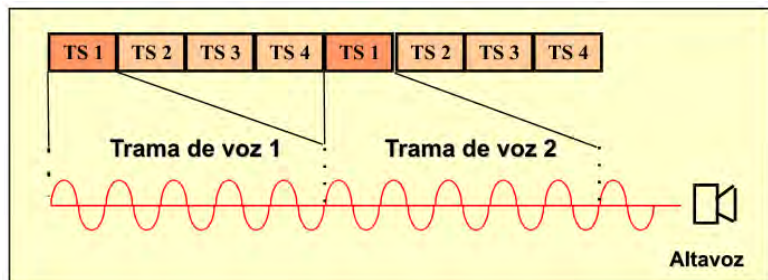
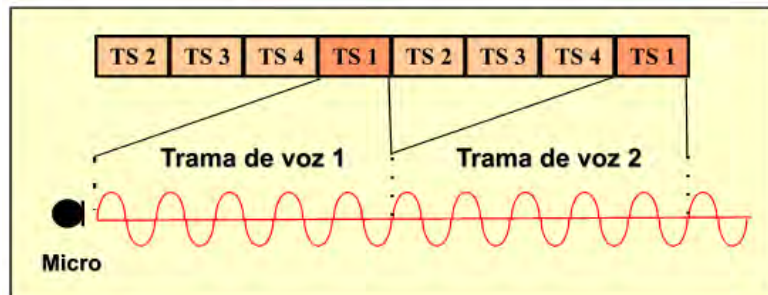
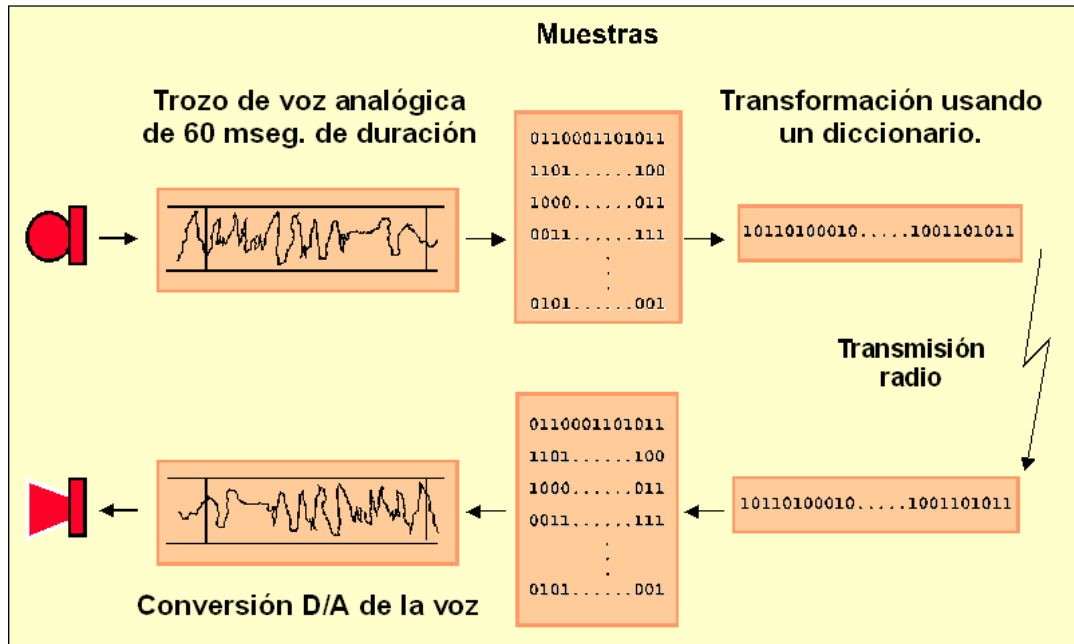
Utilizan como soporte de transmisión los canales físicos. En función de su propósito pueden distinguirse dos subgrupos:

- **Canales lógicos de control:** Transportan señalización y paquetes de datos. Información de la red (BNCH). Información de sincronismo y aleatorización (BSCH). Información específica para un terminal o grupo de ellos (SCH/F, SCH/HU, SCH/HD). Información downlink sobre derechos de uso de los timeslots (AACH). Señalización de control sobre canal físico de tráfico (STCH). Canales para uso durante la linealización de los transmisores (CLCH, BLCH).
- **Canales lógicos de tráfico:** Transportan voz o datos en modo de conmutación de circuitos. Información de Voz (TCH/S). Datos en modo circuitos (TCH/2.4, TCH/4.8, TCH/7.2).

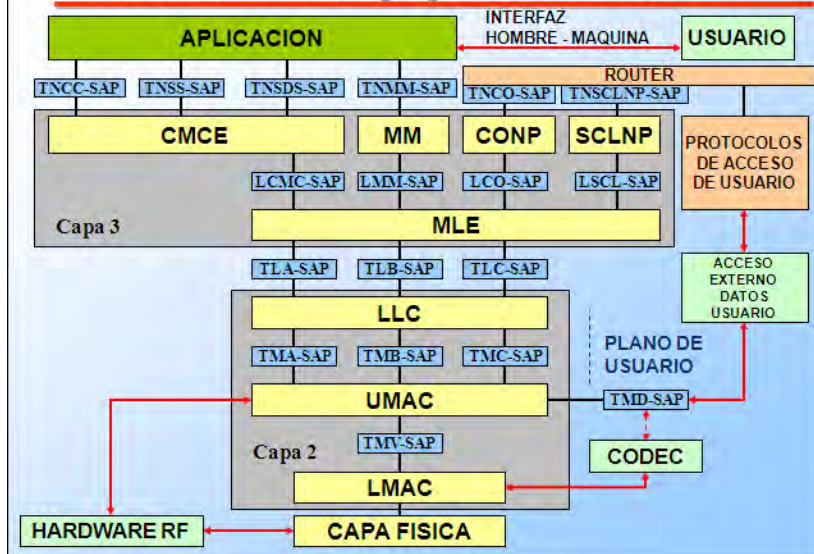
2.2.5.- Codificación de audio.

Para comprimir y encriptar el audio de las comunicaciones, utilizamos un códec de tipo ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction) a 4,56 Kbps.

Éste está diseñado para reproducir alta calidad de voz en condiciones de funcionamiento adversas, y convierte la señal de voz muestreada por un convertidor A/D a 8 KHz en un conjunto de códigos incluidos en un 'diccionario'. Una vez codificada la información, incorpora un código de redundancia cíclica y un potente corrector de errores. Para la transmisión de esta información de voz se emplea un solo slot a 7,2 Kbps (TCH/S) en cada trama TDMA.



Protocolo aire (equipo terminal)



2.2.6.1- Encriptación

En la siguiente figura aparece un esquema simplificado de como se cifra la información en TETRA:

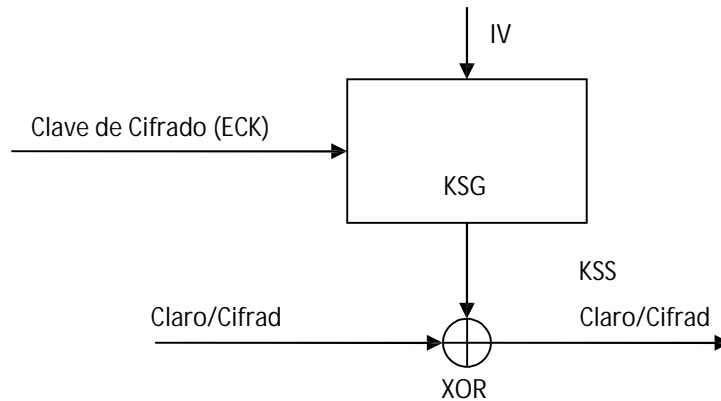


Figura 2.12. Proceso de cifrado KSG. Ref[11]

Para realizar el cifrado se utiliza un algoritmo implementado en el generador de cadenas de cifrado (KSG – Key Stream Generator). Este generador dispone de dos entradas: la clave de cifrado (ECK – Encryption Cipher Key) y un valor inicial denominado IV que es dependiente de la numeración de la trama y time-slot en la que se envía la información. De esta manera se obtiene una cadena de cifrado (KSS- Key Stream Segment) que se utiliza para cifrar o descifrar la información aire mediante una operación XOR con los bits de la información de los time-slots.

Dependiendo de la gestión que se realice de la clave de cifrado, tendremos distintos niveles de seguridad. Así, por ejemplo, es posible utilizar claves de cifrado estáticas que se utilizan en toda la red o claves dinámicas que cambian periódicamente y dependiendo de la estación base que utiliza el equipo.

Tanto el sistema TETRA como los terminales TETRA propuestos incluyen cifrado aire TEA2. Este cifrado codifica no sólo la voz y los datos que envían los usuarios, sino también toda la señalización y las identidades que se utilizan en la red. De esta manera se evita la realización de análisis de tráfico o la obtención de datos específicos de los usuarios.

El cifrado se efectuará en la interfaz aire, es decir, entre el terminal y el sistema. Por tanto, en una comunicación cifrada entre dos terminales se producirá un proceso de cifrado entre un terminal y el sistema y otro entre el sistema y el segundo terminal.

El cifrado aire se trata de un algoritmo que toma una u otra clave de entrada en función de la clase de seguridad del sistema y del uso que se dé a la misma. El sistema y terminales incluyen la clase de seguridad, que utiliza:

- DCK -> Se obtiene a partir del procedimiento de autenticación. Es diferente para cada equipo y para cada vez que el equipo se registra en el sistema. Empleada para direcciones individuales.
- CCK -> Para direcciones de grupo. También para cifrar las direcciones de los equipos (ESIs). Se genera en la SwMI y se distribuye a los móviles.

El sistema propuesto de tecnología digital asegura una total confidencialidad de las comunicaciones tanto hacia el exterior como entre los grupos de trabajo y entre los usuarios de la red cuando sea preciso.

En el sistema propuesto se garantiza la comunicación entre usuarios de un mismo grupo de trabajo para que compartan la misma información evitando que otros usuarios participen en conversaciones de grupos que no les corresponden, manteniendo un grado de privacidad entre grupos. El sistema NEBULA garantiza así mismo la posibilidad de lanzar llamadas individuales o privadas entre usuarios que dispongan de este permiso. Estas llamadas pueden ser semidúplex o dúplex.

2.2.6.2.- Autenticación

La infraestructura soporta tanto la autenticación del terminal (reto que lanza la infraestructura al terminal durante el registro de éste en el sistema para comprobar que la clave que éste tiene coincide con la que almacena la infraestructura para él) como la autenticación mutua (la infraestructura requiere un reto al terminal durante el registro de éste en el sistema para comprobar que la clave que éste tiene coincide con la que almacena la infraestructura para él, y una vez el terminal ha contestado, devuelve además un segundo reto, esta vez en sentido contrario, para comprobar que la infraestructura tiene almacenada para él la misma clave que él posee).

El proceso de autenticación se basa en la utilización de una clave K de 128 bits (*Clave de autenticación*). Esta clave es única para cada uno de los usuarios de la red y se guarda de manera segura tanto en los terminales TETRA como en la infraestructura.

Es muy importante que el proceso de introducción y almacenado de las claves de autenticación sea realizada de manera segura ya que de otra forma la seguridad completa del proceso se vería comprometida. Por ello, estas claves se deben enviar de manera cifrada al Centro de Autenticación del Sistema utilizando un algoritmo de encriptación 3-DES. Dicho algoritmo utiliza una clave de cifrado C única para cada red. La clave 3-DES puede ser generada automáticamente por el proveedor de servicios o bien comunicada por el usuario final al fabricante, para permitir su personalización.

Para el proceso de introducción de las claves de autenticación en los terminales se pueden seguir dos caminos alternativos. El fabricante debe permitir que se introduzca una clave dentro del proceso de producción de los terminales que luego es comunicada de manera segura al usuario final o éste puede utilizar el software de gestión de claves de autenticación para terminales KMT (Key Management Tool) que permite grabar nuevas claves en los equipos, bien introducidas directamente por el usuario o generadas de manera aleatoria.

La herramienta de software KMT es suministrada con una llave hardware que impide el uso ilegítimo por usuarios no autorizados. Todo el procedimiento de gestión y envío de claves utilizado por el software sigue las recomendaciones del grupo SFPG (Security & Fraud Prevention Group) de la organización TETRA MoU, en concreto la recomendación 01 Authentication Key Distribution (AKD).

Una vez las claves de autenticación están correctamente introducidas tanto en el equipo como en la infraestructura, éstas no son enviadas en ningún momento por el interfaz aire. De esta manera se asegura que no pueda ser interceptada y utilizada para la suplantación de terminales o de la infraestructura. Se usa un mecanismo de retro-respuesta basado en la generación de una clave de sesión (KS). Dicha clave se genera mediante un algoritmo interno (TA11) tanto en la infraestructura a partir de una semilla aleatoria (RS – *Random Seed*) y de la clave de autenticación:

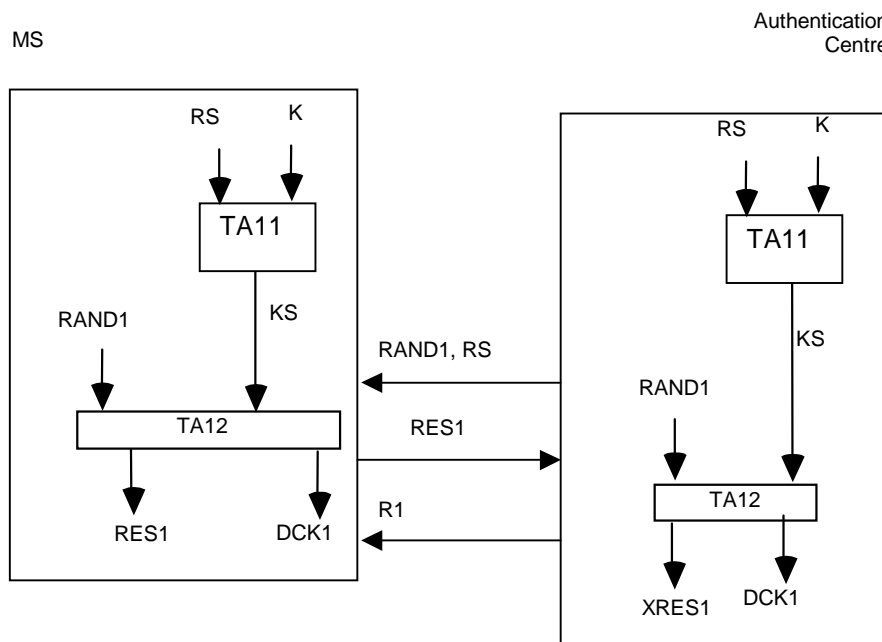


Figura 2.13. Proceso de autenticación entre terminal y centro. Ref[11]

- Cuando el equipo TETRA se registra en la infraestructura, ésta le lanza un reto de autenticación. En dicho reto la infraestructura le envía un código aleatorio (RAND1) y la semilla aleatoria utilizada en la generación de la clave de sesión (KS).

- El equipo utiliza esta información para a partir del algoritmo *TA11* generar la clave de sesión correcta. Mediante esta clave de sesión (*KS*), el código aleatorio (*RAND1*) y un nuevo algoritmo (*TA12*) se genera una respuesta al reto (*RES1*).
- Una vez obtenida esta respuesta (*RES1*), el equipo la envía a la infraestructura como respuesta al reto de autenticación. La infraestructura utiliza la clave de sesión (*KS*) y el código aleatorio *RAND1* enviado con anterioridad al equipo para generar mediante el algoritmo interno (*TA12*) su propia respuesta al reto de autenticación (*XRES1*). Si ambas respuestas coinciden se permite el registro del equipo en el sistema.

2.2.7.- Características funcionales:

Dentro de las cuales podemos encontrar las siguientes:

- Configuración jerárquica de flotas con distintas prioridades:
 - Distintos niveles de acceso
 - Distintos niveles en la prioridad de llamadas
- Convivencia de flotas independientes sobre una misma red.
- Control de potencia de transmisión desde la Estación Base.
- Habilitación de economizado de energía en los equipos terminales desde la estación base.
- Negociación de recursos del sistema según necesidades:
 - Transmisiones simultáneas de voz y datos.
 - Transmisiones de datos con anchos de banda distintos en cada sentido.
- Permite al equipo terminal pasar entre células de una misma red (roaming) y entre redes (migration).
- Los modos de transmisión de la estación base permiten distintas configuraciones:
 - Transmisión continua:
 - Una estación base ocupa permanentemente una frecuencia portadora.
 - Transmisión con compartición de portadora:

- Una frecuencia portadora puede ser compartida por varias células.
 - Transmisión con compartición del canal principal de control:
 - El canal de control principal es compartido por varias células.
- Estandariza la interconexión con sistemas externos

2.2.8.- Esquemas de trabajo:

Al iniciar sesión en una red TETRA, el esquema habitual de trabajo es el siguiente:

1) Sincronización con el sistema

- El terminal busca la portadora principal de la célula.
- Se obtiene la información de sincronismo (BSCH) y de red (BNCH).
- Se escucha la BS en los timeslots establecidos para recibir posibles indicaciones de control.

2) Acceso a la estación base

- Con la información de acceso contenida en los timeslots recibidos (AACH) se decide el momento de la transmisión.
- Según la solicitud realizada, el terminal recibe las órdenes de la estación base, los slots reservados para su operación y el patrón de monitorización para escuchar la señalización.

El modo de trabajo V+D incluye los siguientes servicios TETRA:

- Servicios de voz (simplex/duplex):
 - Voz con CODEC TETRA
 - Voz con CODEC externo
 - Posibilidad de cifrado adicional
- Servicios de datos
 - Mensajes de datos cortos y estados
 - Datos en modo de circuitos
 - Datos en modo de paquetes
- Servicios suplementarios

2.2.9.- Funciones de usuario:

1) Llamadas básicas de voz

- Individual
- Grupo
- Grupo con asentimiento
 - Establecimiento según umbral predefinido de respuestas.
- General (broadcast)

2) Llamadas de datos

- Transmisión en modo de circuitos con/sin protección de grado seleccionable.
- Transmisión de paquetes de datos orientados a conexión.
- Transmisión de paquetes de datos sin conexión.

3) Servicios suplementarios esenciales

- Llamada autorizada por equipo de despacho.
- Selección de área de trabajo.
- Cambio de prioridad de acceso.
- Llamada de prioridad.
- Llamada de máxima prioridad (emergencia).
- Incorporación a llamada en curso.
- Monitorización discreta de llamada en curso.
- Activación remota de escucha de ambiente.
- Asignación dinámica de grupo.

4) Servicios suplementarios opcionales

- Identificación de llamante / llamado.
- Identificación de hablante en llamada de grupo.
- Redireccionamiento de llamadas.
- Marcación abreviada.
- Llamada en espera.
- Llamada de inclusión.
- Limitación de llamadas entrantes / salientes.

Referente a la transmisión de datos en TETRA, destacamos que en modo circuitos se soporta cifrado, FEC y distintos niveles de protección. El CODEC usa el servicio de datos en modo de circuito (7.2 Kbit/s). CONS soporta conexión X.25 estándar. S-

CLNS proporciona protocolo específico TETRA y accesos CLNP e IP mediante protocolos de convergencia.

	DATOS MODO CIRCUITO (Kbit/s)				SERVICIO DE DATOS CORTOS (SDS)				DATOS EN MODO DE PAQUETES (PD)		
	1-slot	2-slots	3-slots	4-slots	ESTADOS	Datos definidos por usuario (bits)				Orientados a conexión (CONS)	Sin conexión específica (S-CLNS)
	2.4 hi 4.8 lo 7.2 no	4.8 hi 9.6 lo 14.4 no	7.2 hi 14.4 lo 21.6 no	9.6 hi 19.2 lo 28.8 no	(nº de valores definidos por usuario)	tipo 1	tipo 2	tipo 3	tipo 4		
V+D	●	●	●	●	● 32,767	●	●	●	●	●	●
DMO	●				● 16	●	●	●	●		
PDO										●	●

hi = alta protección; lo = baja protección; no = sin protección

Figura 2.14. Velocidad disponible según tipo de llamada. Ref[10]

2.3.- Eficiencia espectral de la tecnología TETRA.

Para finalizar esta introducción a la tecnología TETRA, destacaremos las características principales que hemos ido observando:

- Es un sistema digital con cifrado, lo que garantiza confidencialidad en las comunicaciones.
- Proporciona rapidez en el establecimiento de llamadas (< 300 mseg).
- Aporta flexibilidad en la configuración de flotas.
- Facilita la transmisión de datos en distintas modalidades.
- Tiene interfaces normalizados.

Y para visualizar la mayor eficiencia con el resto de sistemas existentes, fijémonos en la tabla siguiente, con respecto a la tecnología GSM que tan implantada está actualmente en nuestra sociedad, y la evolución de los sistemas PMR.

Eficiencia espectral (tabla comparativa)



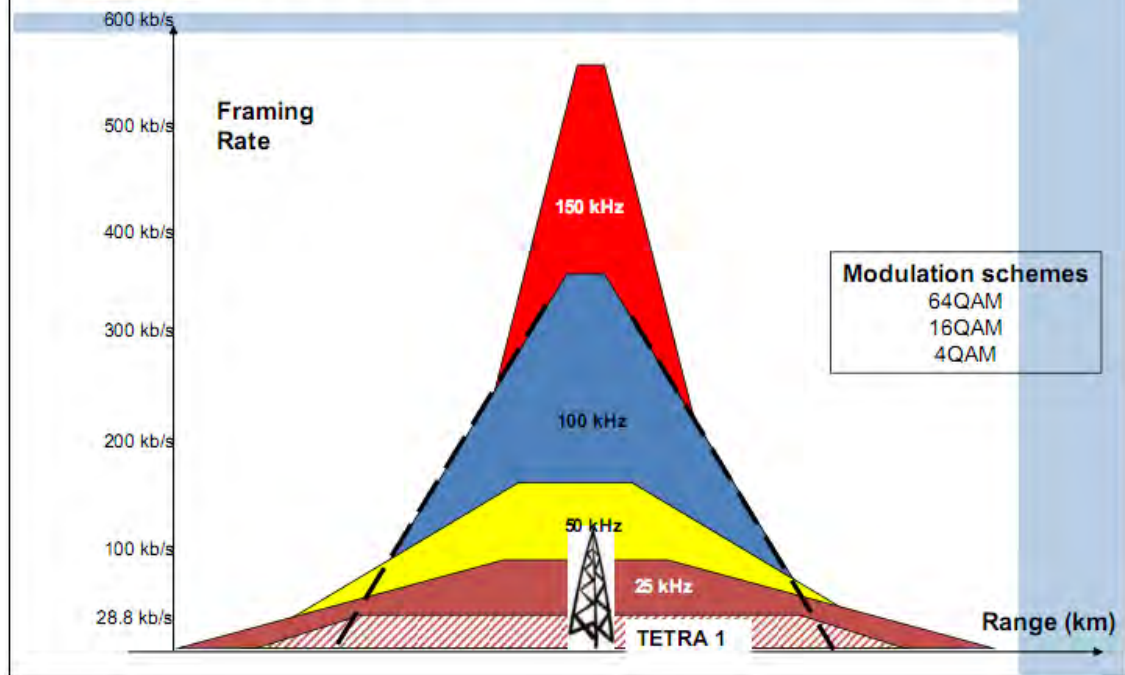
Packet Data Throughput (Downlink kbits/s)

Modulation \ Channel Type	25 kHz	50 kHz	100 kHz	150 kHz
$\pi/4$ DQPSK	15.6			
$\pi/8$ D8PSK	24.3			
4-QAM	11	27	58	90
16-QAM	22	54	116	179
64-QAM	33	80	175	269
64-QAM	44	107	233	359
64-QAM	66	160	349	538

Note: All channels are 4 slots

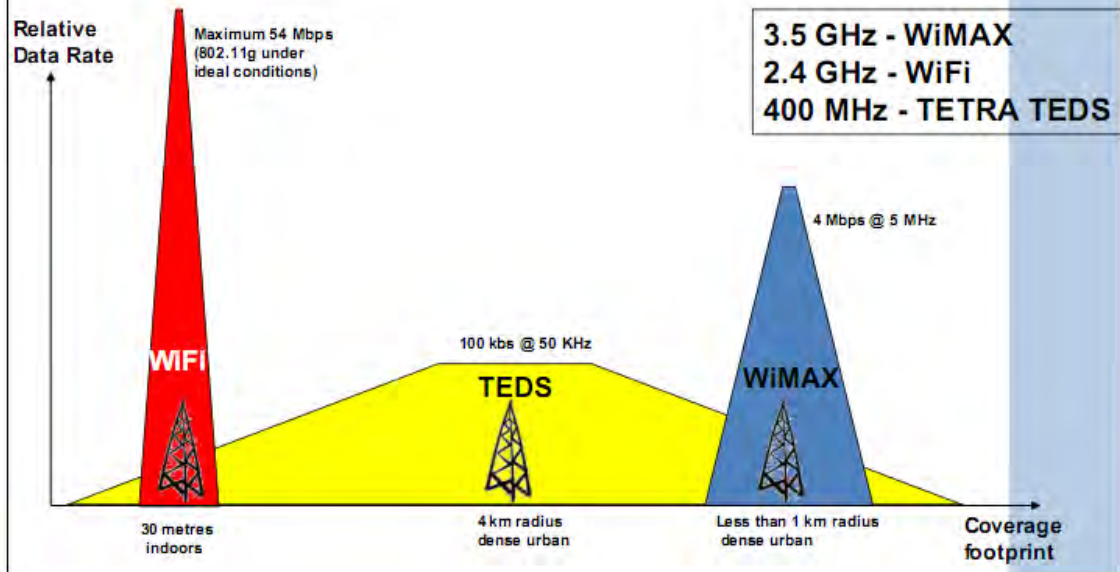


TETRA TEDS comparison with TETRA 1





TEDS for cost effective Wide area coverage



3. INFRAESTRUCTURA TETRA

3.1.- Ventajas del uso de la tecnología IP.

- 3.1.1.- Matriz de conmutación software distribuida por paquetes.
- 3.1.2 – Disponibilidad de los servicios estándar sobre IP para mantenimiento

3.2.- Esquema típico de conexión

3.3.- Alternativas para enlaces entre la Estación Base y el Nodo de Control

3.3.1.- Ejemplos de conectividad

- 3.3.1.1.- Enlaces síncronos:
- 3.3.1.2 Enlaces asíncronos de capa 2 (Ethernet)
- 3.3.1.3 Enlaces asíncronos de capa 3 (IP)

3.4.- Redundancias

- 3.4.1.- Redundancia de CNC
- 3.4.2.- Redundancia de NMS.
- 3.4.3.- Redundancia de Ethernet
- 3.4.4.- Redundancia de Paths o caminos
- 3.4.5.- Redundancia de Firewall
- 3.4.6.- Redundancia y modos degradados de los enlaces
 - 3.4.6.1.- Modo de funcionamiento degradado

3.5.- Conectividad con aplicaciones externas

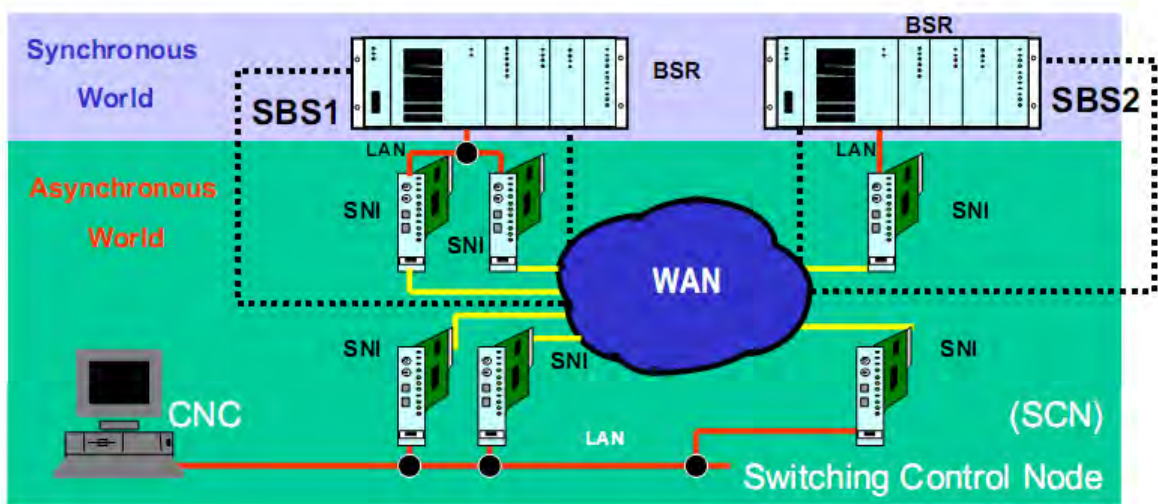
- 3.5.1.- Funcionalidades a considerar
- 3.5.2 Conexión física del sistema
- 3.5.3.- Conexión mediante VPN

3.6.- Topología de red de la infraestructura TETRA

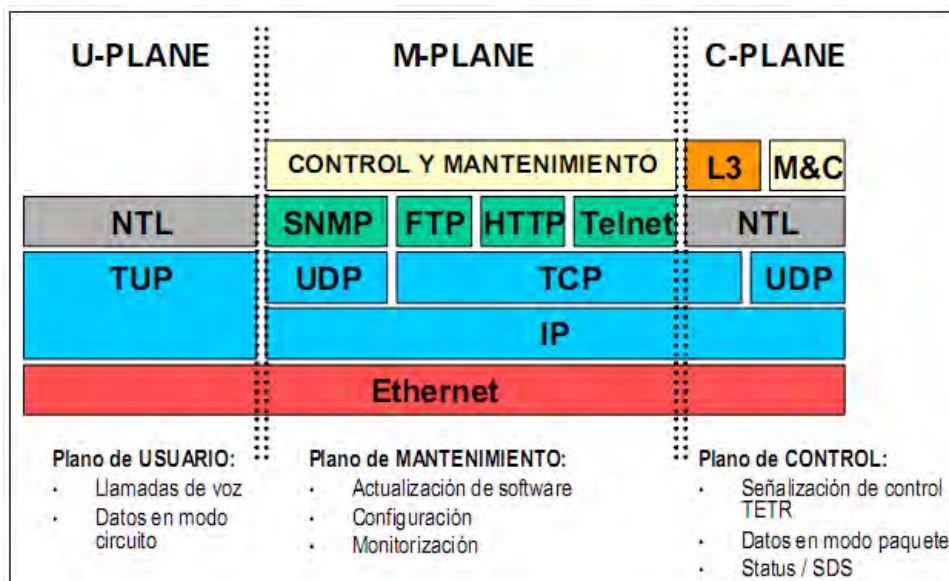
- 3.6.1.- Topología con enlaces síncronos
- 3.6.2.- Topología con enlaces asíncronos
- 3.6.3.- Topología con enlaces mixtos (síncronos y asíncronos)

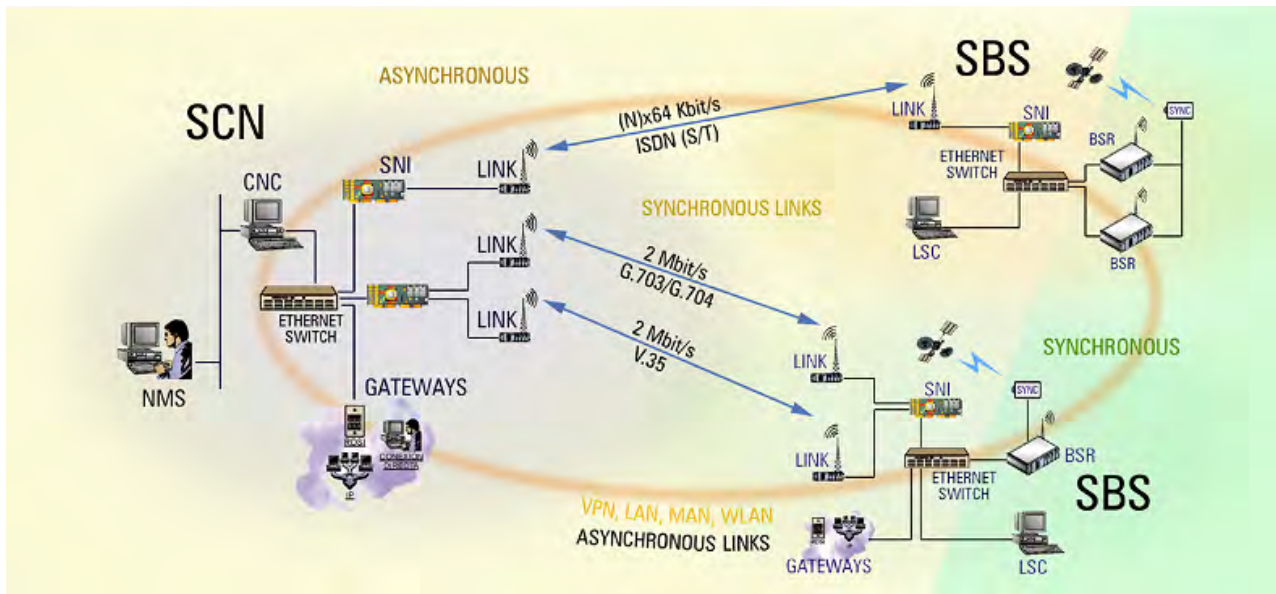
3.7.- Interfaces y Gateways.

- 3.7.1.- Interfaces disponibles en el sistema TETRA
- 3.7.2.- Gateways para la interconexión con TETRA
 - 3.7.2.1.- Gateway ISDN telefónico BRI
 - 3.7.2.1.1.- Características técnicas
 - 3.7.2.2.- Gateway SMS-GSM
 - 3.7.2.3.- Gateway ISDN telefónico PRI
 - 3.7.2.3.1.- Características técnicas
 - 3.7.2.4.- Gateway analógico telefónico
 - 3.7.2.4.1.- Características técnicas
 - 3.7.2.5.- Gateway VoIP telefónico
 - 3.7.2.5.1.- Características técnicas

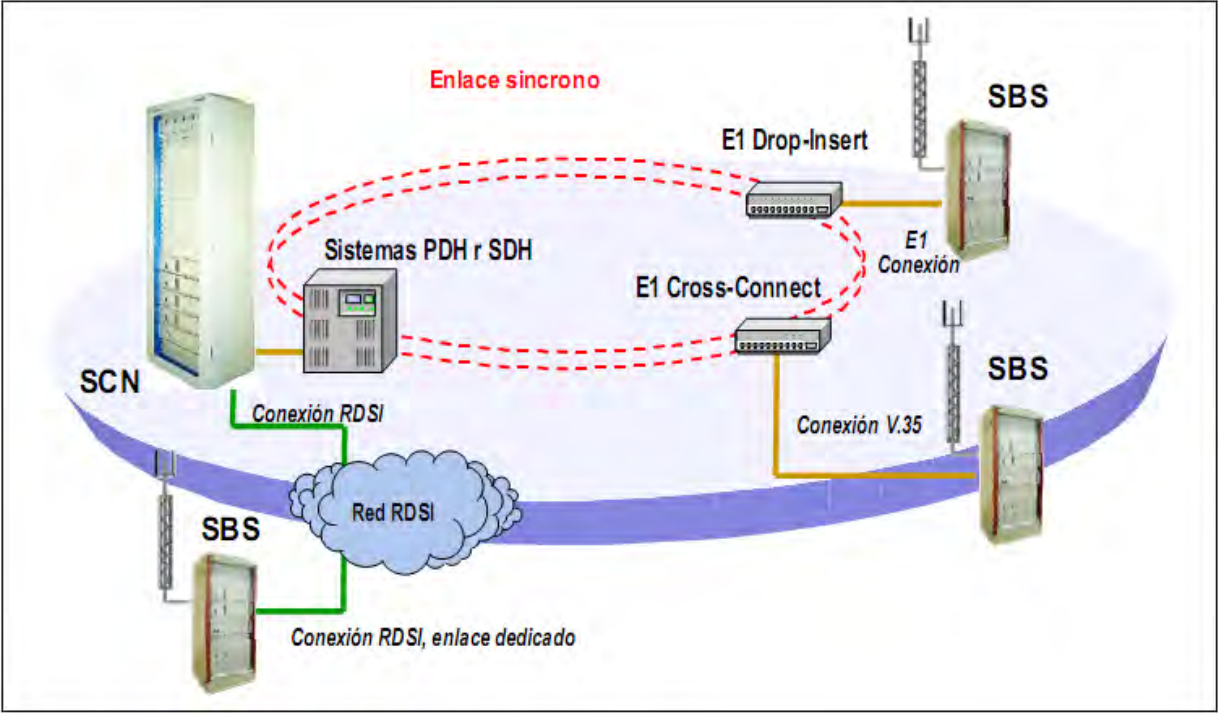


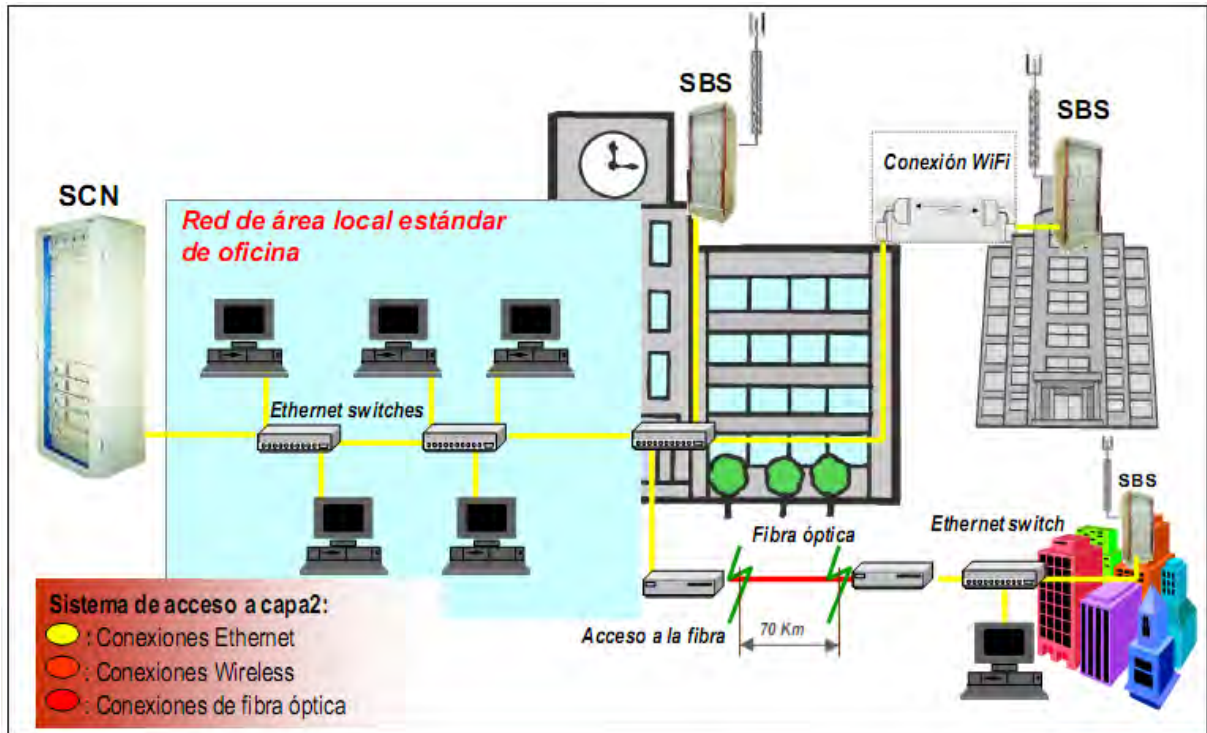
PROTOCOLO	USO
FTP	Para la realización de telecarga de ficheros y actualizaciones de software y de configuración de los diferentes módulos que la componen.
TELNET	Para realización de trazas de mantenimiento, análisis del sistema.
HTTP	Para configuración del sistema.
SNMP	Utilizado para la visualización del estado de los diferentes elementos del sistema.





TIPO DE CONEXIÓN	TIPOS DE ENLACE
Conexión asíncrona directamente al switch	LAN "Local Area Network" VLAN "Virtual Local Area Network" VPN "Virtual Private Network" WLAN "Wireless Local Area Network" SNI Ethernet
Conexión síncrona mediante los módulos SNI (Site Node Interface)	SNI V.35 SNI G.703/G.704 [E1 o T1] SNI G.703 codireccional [Radioenlace] SNI S/T [ISDN BRI]



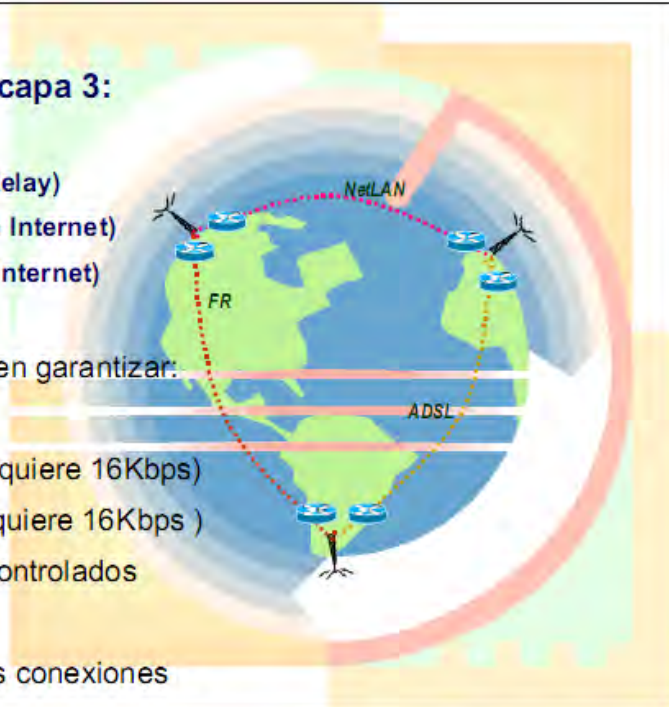


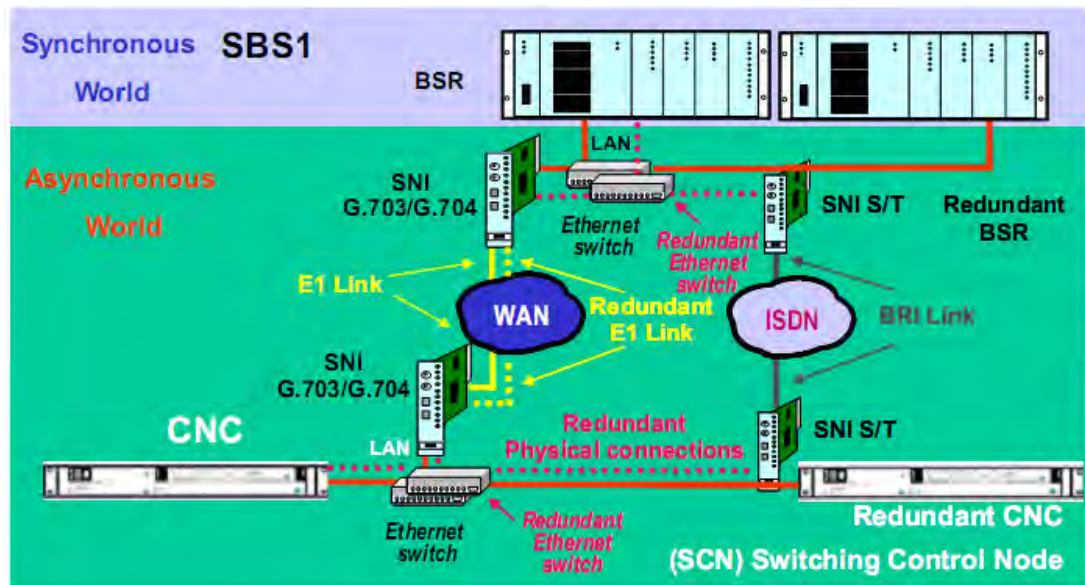
➔ Enlaces asíncronos de capa 3:

- Conexiones VPN/MPLS
- Con líneas dedicadas (Frame Relay)
- NetLAN (sin acceso a través de Internet)
- ADSL (con acceso a través de Internet)

Las diferentes conexiones deben garantizar:

- Ancho de banda:
 - (El canal de control requiere 16Kbps)
 - (El canal de tráfico requiere 16Kbps)
- Retardos de transporte controlados
- Jitters definidos
- Calidad de servicio de las conexiones





3.4.2.- Redundancia de NMS

El NMS redundante es un servidor NMS que se ocupa de tomar el control ante caídas/averías del servidor principal de NMS, proporcionando servicio de gestión del sistema mientras el principal se recupera o repara. De otra forma seríamos incapaces de cambiar los parámetros de la red aunque esta siguiera en funcionamiento.

Se contemplan los siguientes casos como posibles situaciones en la que el sistema pasa a un estado de redundancia:

- Caída del servidor de gestión principal.
- Pérdida del enlace entre uno o ambos servidores de gestión.

3.4.3.- Redundancia de Ethernet

Dota a la infraestructura TETRA de una red Ethernet redundante que entra en funcionamiento en caso de fallo de la primera. Con ello, se consigue la redundancia de Ethernet del sistema ante los siguientes fallos:

- Corte del cable Ethernet de interconexión a un módulo.
- Fallo de uno de los switches de cualquier rack de interconexión.
- Fallo en el driver Ethernet de un módulo.
- Corte de alimentación de un rack de interconexión.

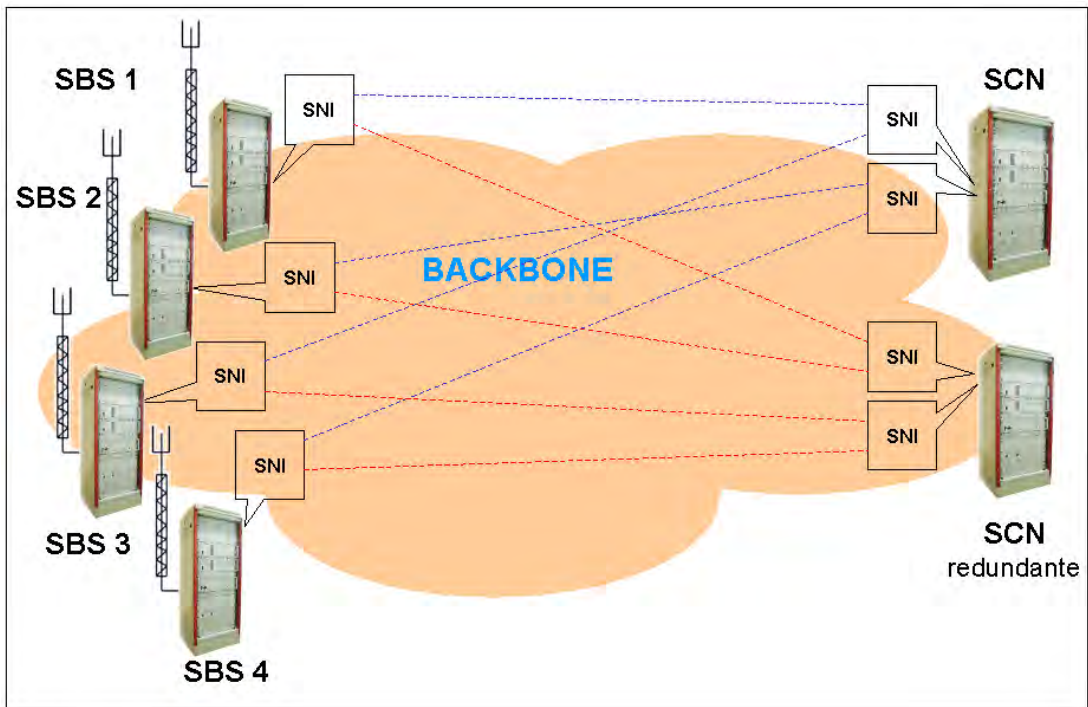
La redundancia de Ethernet es considerada como una opción para el sistema y puede definirse tanto para la LAN del SCN como para la LAN de las SBSs, en caso de estructura centralizada.

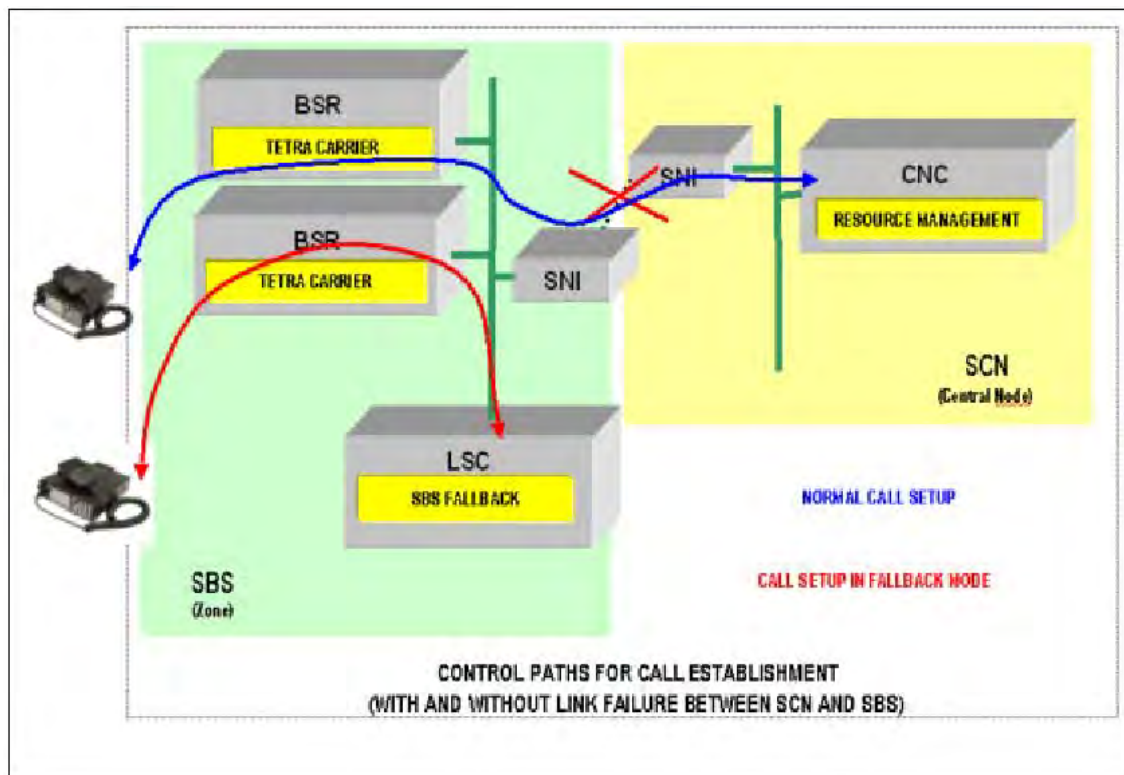
3.4.4.- Redundancia de Paths o caminos

La Redundancia de Paths dota a la infraestructura de un camino secundario, que permite el enlace entre el SCN y cualquier elemento de las zonas, garantizando la comunicación de los planos C-Plane y U- Plane ante la pérdida de conexión por el enlace primario.

Por lo tanto se dispone de dos enlaces posibles para establecer una conexión entre el SCN y los distintos elementos de las SBSs, estos son:

- **Enlace primario**, por el que se establece el enlace por defecto entre SCN y SBSs.
- **Enlace secundario**, que solo permite la conexión entre SCN y SBSs, cuando se ha detectado fallo en el enlace primario. En el caso de recuperarse la conexión por el enlace primario, se deshabilita el enlace secundario y se habilita el enlace primario, estando activo un único enlace.





- ❑ Llamada de datos en modo circuito dentro de la SBS.
- ❑ Servicio de datos por paquetes TETRA (PDP).
- ❑ Envío de STATUS, SDS y SDS-TL

3.5.- Conectividad con aplicaciones externas

La gran mayoría de fabricantes tienen sus propios protocolos de acceso al sistema mediante aplicaciones externas, de modo que exista la posibilidad de que el cliente implemente su propia aplicación que interactúe con el sistema TETRA.

Generalmente, la infraestructura TETRA debe estar diseñada para obtener la máxima eficiencia ante aplicaciones externas, de forma que tiene que cumplir con unas características mínimas.

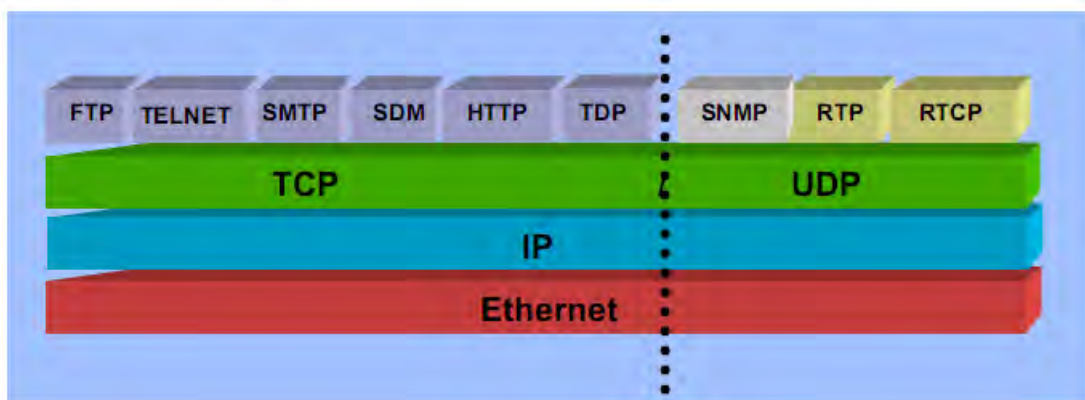
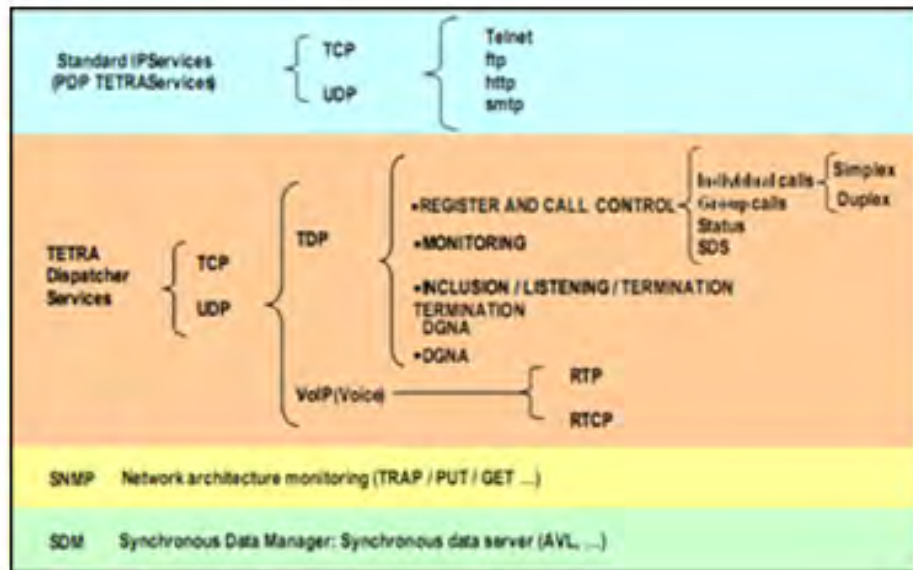
- Esta es la razón de por qué la conexión externa al sistema debe ser **lo más flexible posible**.
- Las futuras aplicaciones de voz y datos dependen totalmente de la **capacidad de dicha conexión**.
- Los proveedores de aplicaciones deben realizar sus desarrollos donde la gestión de la voz y los datos tienen que **resolver todas las necesidades de los clientes**.

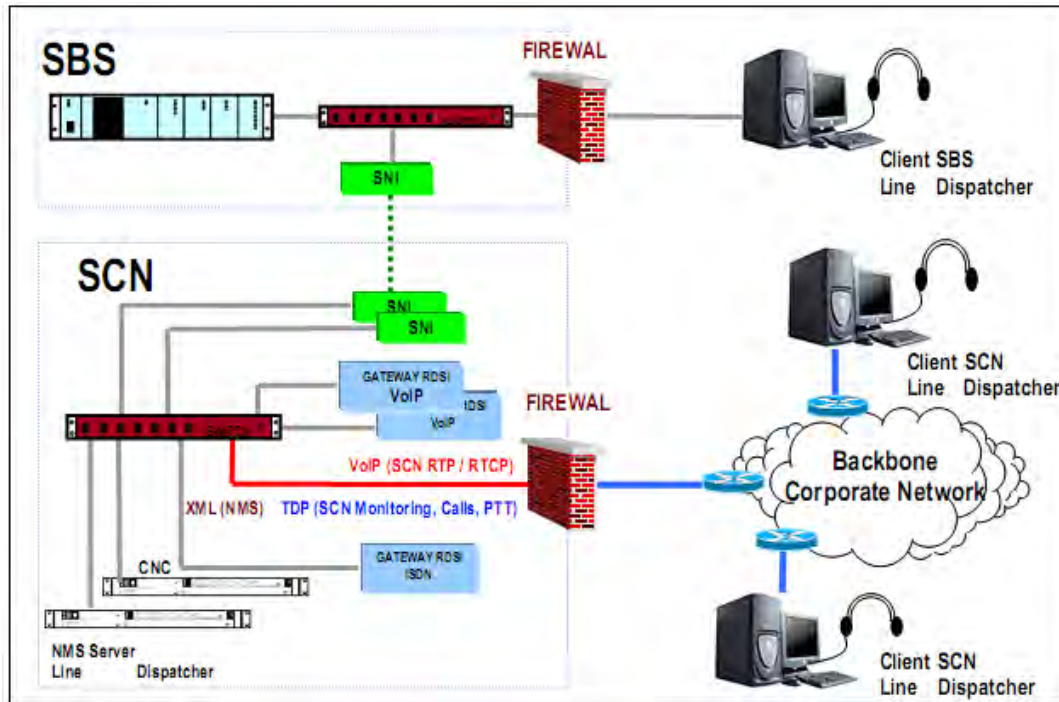
La conexión con la infraestructura deberá dar la siguiente capacidad de control:

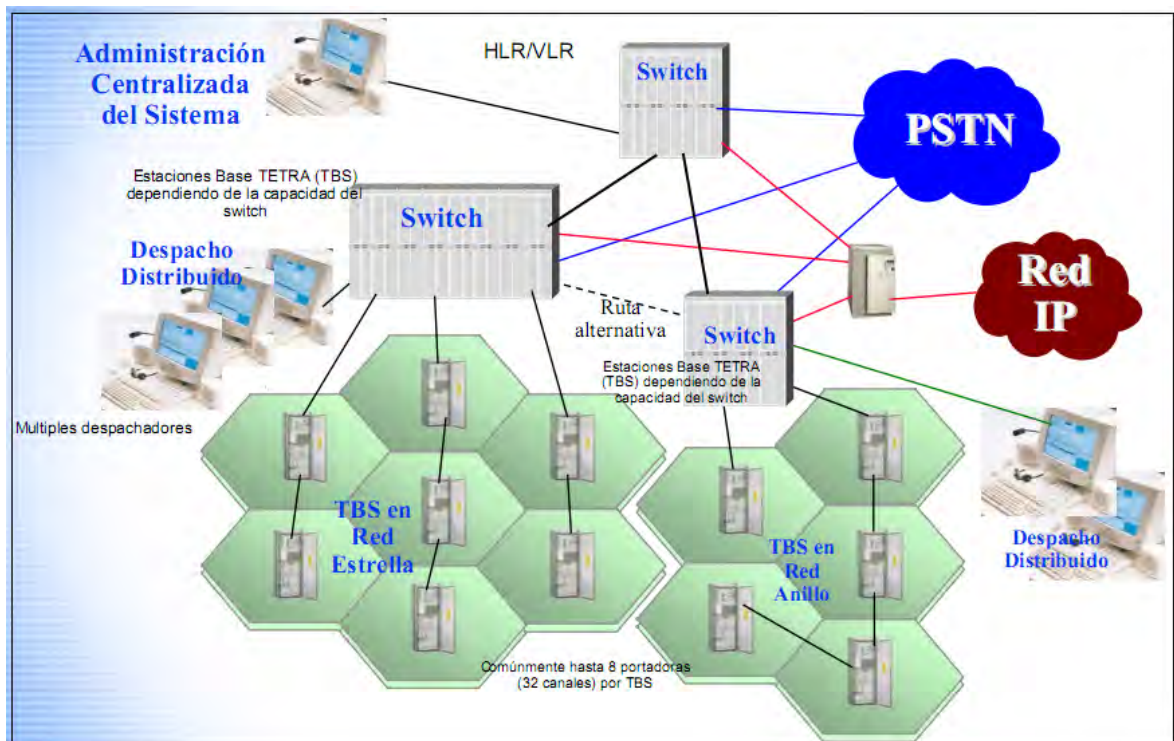
- Gestión de comunicaciones de voz
- Gestión de llamadas de datos largos (PDP, Llamadas de modo circuito)
- Gestión de llamadas de datos cortos (PDP, SDS, Status)

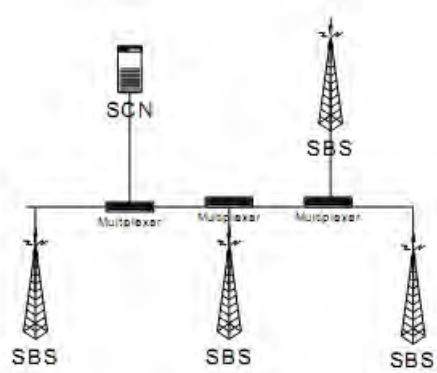
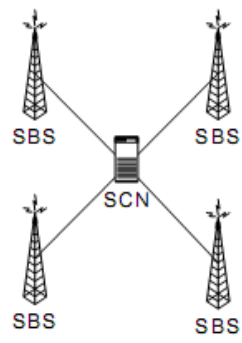
La justificación del diseño de los protocolos utilizados se muestra en los siguientes puntos:

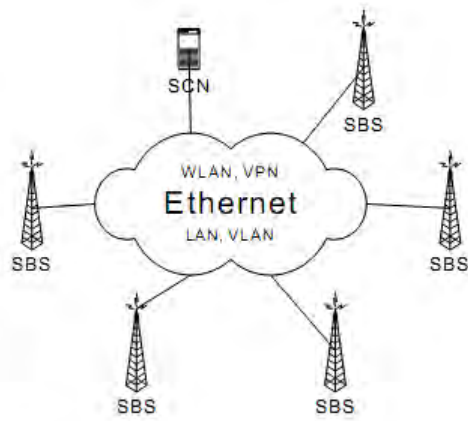
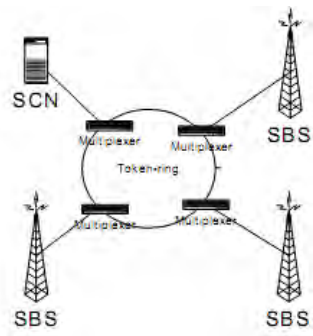
- a) **Ethernet:** Hoy en día la conectividad Ethernet representa la conectividad más sencilla.
- b) **IP:** La manera de transportar información a través de una red corporativa debe estar de acuerdo con los mecanismos de routing, por lo tanto la capa 3 del protocolo IP, es la dominante.
- c) **Protocolos de aplicación: Protocolo estándar ASCII** para codificar todos los comandos hacia la infraestructura TETRA.
- d) **Funcionalidad TETRA:** Un completo set de comandos debe ser implementado en la infraestructura para permitir todos los requisitos de las aplicaciones de usuario.

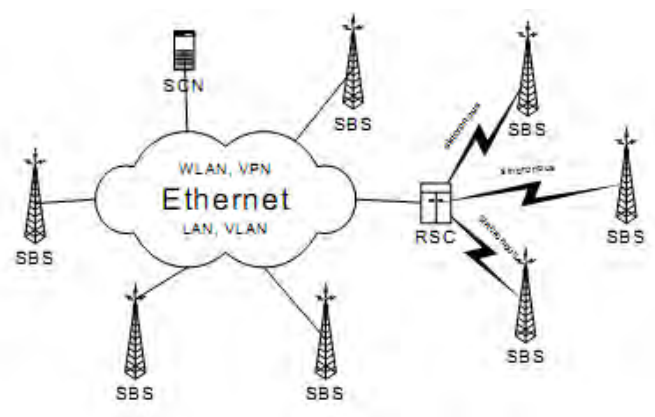
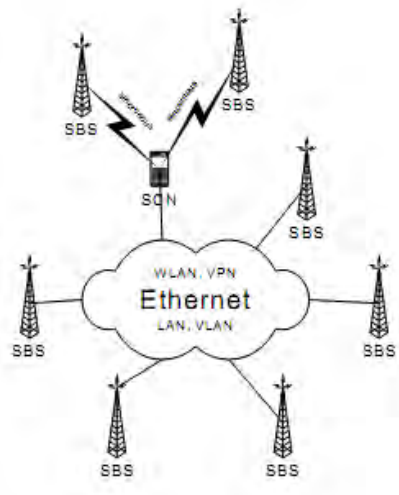












La principal ventaja es que cuando la gran mayoría de las comunicaciones se producen dentro de la región, se consigue un enorme ahorro de tráfico de enlace entre el sistema.

3.7.- Interfaces y Gateways.

3.7.1. – Interfaces disponibles en el sistema TETRA

Las estaciones base del sistema TETRA pueden conectarse mediante múltiples sistemas de transporte normalizados. En función del sistema utilizado varía el ancho de banda requerido.

Como norma habitual, el tipo de interfaz propuesto es Ethernet y el ancho de banda máximo (varía en función del tipo de estación) para una estación base tipo de 4 portadoras se estima en 416Kbps. El interfaz incorpora auto-negociación de la velocidad trabajando sobre 10BaseT.

La infraestructura TETRA dispone de múltiples tipos de interfaces normalizados, concretamente es posible realizar el transporte entre el nodo de conmutación y las estaciones base por cualquiera de los siguientes interfaces normalizados, adicionales al ETHERNET:

Enlaces síncronos con SNI (Site node interface)

SNI G.703/G.704 (E1)	<i>32 canales de 64 kbps</i>
SNI V.35	<i>Hasta 2 Mbps</i>
SNI S/T (ISDN BRI)	<i>2B+D 128kbps</i>
SNI G.703 Codireccional	<i>64 kbps en radioenlaces</i>

En el caso de utilización de transporte sobre ETHERNET es posible establecer enlaces sobre:

Enlaces asíncronos Nivel 2

Switches VLAN.

Proveedor de servicios VLAN (VPN/MPLS)

WLAN, WIMAX

Enlaces asíncronos Nivel 3

IRB Integrated Routing & Bridging

L2TPv3 Level 2 Tunnelling Protocol

En este último caso es preciso incorporar un router que permita establecer el protocolo de tunnelling.



-
-
-

-
-
-

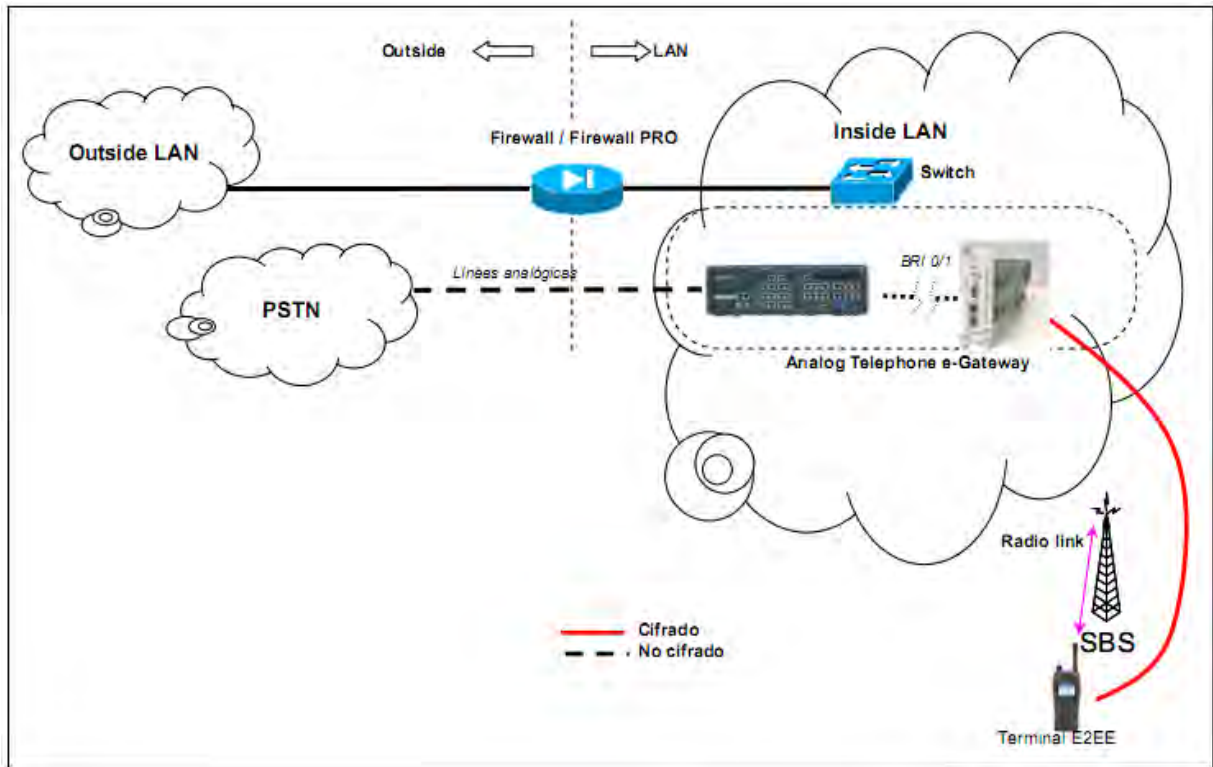
-
-





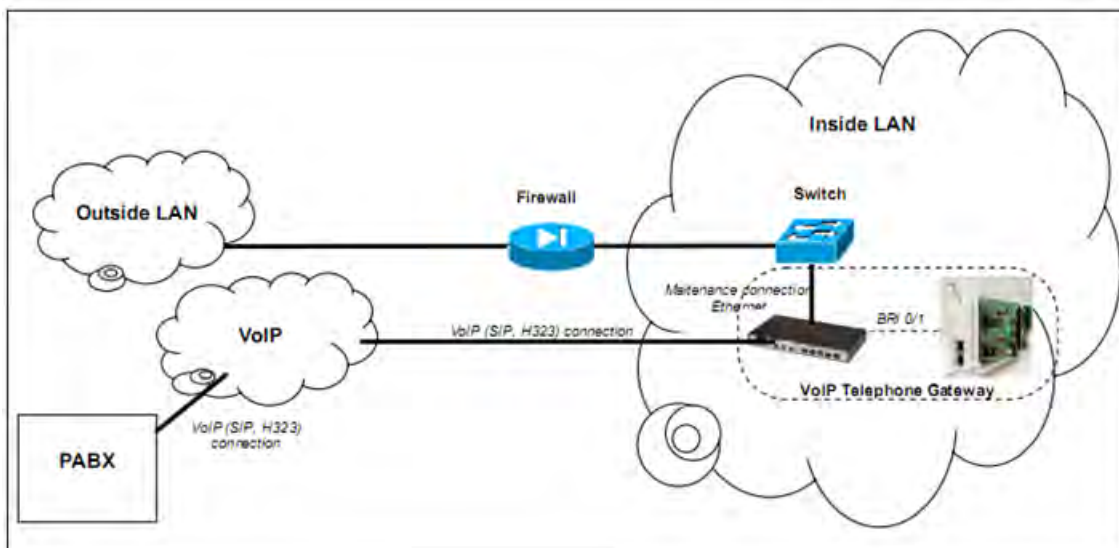
-
-

-
-
-
-



-
-

-
-



-
-
-
-

-
-
-
-

-
-

-
-

4.- FUNCIONALIDADES TETRA

4.1.- Sistemas de gestión de red

4.1.1.- NMS

4.1.1.1.- Introducción

4.1.1.2.- Características técnicas

4.1.1.3.- Funcionalidad del NMS

4.1.1.4.- Tipos de usuario autorizados

4.1.1.5.- Puesto cliente del sistema de gestión

4.1.1.5.1.- Módulo de gestión de fallos

4.1.1.5.2.- Histórico de incidencias

4.1.1.5.3.- Módulo de estadísticos

4.1.2.- SNI (Site Node Interface)

4.1.2.1.- SNI Ethernet

4.1.2.1.1.- Introducción

4.1.2.1.2.- Características técnicas

4.1.3.- LSC (Local Switch Controller)

4.1.3.1.- Introducción

4.1.3.2.- Características técnicas

4.1.4.- Tarjeta de sincronismo SYNC

4.1.4.1.- Introducción

4.1.4.2.- Características técnicas

4.1.5.- MAM (Main alarm Module)

4.1.5.1.- Introducción

4.1.5.2.- Características técnicas

4.1.6.- PTS (Power temperature Sensor)

4.1.6.1.- Introducción

4.1.6.2.- Características técnicas

4.1.7.- SIS (Site Interconnection System)

4.1.8.- Gateway PDP

4.2.- Tipos de llamada y servicios de datos. Posibilidades y limitaciones

4.2.1.- Tipos de servicios de conmutación

4.2.2.- Modos de operación

4.2.2.1.- Modo directo

4.2.2.2.- Modo a través de repetidor

4.2.2.3.- Modo directo a través de pasarela

4.2.3.- Servicios básicos de voz

4.2.3.1.- Llamadas individuales

4.2.3.2.- Llamadas de grupo

4.2.3.3.- Llamada general

4.2.3.4.- Llamada de emergencia

4.2.4.- Servicios adicionales de voz

4.2.5.- Servicios básicos de datos

GESTIÓN DE NMS

- Gestión de usuarios NMS
- Configuraciones de NMS
- Gestión de Seguridad de autenticación y cifrado
- Estadísticos

FLEET MANAGEMENT

- Configuración de flotas
- Monitorización en tiempo real de llamadas
- Histórico de llamadas
- Estadísticas de llamadas
- Explotación a fichero

GESTIÓN DE RED

- Monitorización en tiempo real de incidencias
- Histórico de incidencias
- Mantenimiento remoto
- Configuración de arquitectura de red

El sistema de gestión de red de NMS Network Management System tiene una arquitectura cliente/servidor multiusuario con diferentes niveles de acceso y grados de servicio, cada usuario es identificado por medio de un password.

La estructura cliente/servidor permite tener un servidor al cual se le conectan uno o varios clientes.

El NMS se compone de un hardware más un software que permite el acceso al CNC para poder realizar las funciones de gestión sobre la infraestructura. Toda red debe tener un servidor NMS.

El NMS es un elemento que permite mayor seguridad, mayor capacidad de procesado y mayor capacidad de almacenamiento con total funcionalidad.

Hay ocasiones en las que las redes, debido a su dimensionamiento o atendiendo al número de terminales y LDs de la red, es necesario dotar a la infraestructura de una mayor capacidad de almacenamiento y procesado, principalmente con el fin de gestionar las comunicaciones en tiempo real de los LDs / Clientes N2A, así como de almacenar las llamadas e incidencias ocurridas en la red durante un periodo suficiente de tiempo. En ese caso el NMS suele ser de tipo avanzado (NMS-PRO), pero en realidad difiere poco a nivel funcional del NMS estándar.

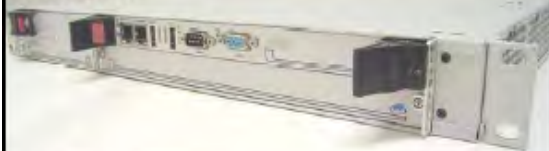
El NMS garantiza el almacenamiento seguro (redundante) de la información y el suministro de servicio cuando alguno de sus elementos se avería. Esto es debido a que todos los elementos que componen un NMS están redundados. Evidentemente esta funcionalidad interviene en el aumento de la disponibilidad global del sistema, ya que disminuye el MTBF total.

A diferencia del NMS-STD, en un NMS-PRO el software servidor de NMS y el motor de base de datos no se ejecutan en la misma máquina, cada software servidor se ejecuta en un hardware dedicado. Además, cada una de estas máquinas está redundada, de modo que un NMS-PRO se compone de cuatro máquinas, dos formando un cluster para dar servicio de servidor NMS y otras dos formando otro cluster para dar servicio de base de datos.

La redundancia interna del NMS PRO garantiza una alta disponibilidad y una mínima pérdida de servicio cuando uno de sus elementos se avería; sin embargo, el servicio no puede garantizarse cuando es más de uno el número de elementos averiados. Por ello, ya que uno de los objetivos del NMS-PRO es el almacenamiento seguro de la información, es recomendable que en las redes en las que se instale un NMSPRO el SCN disponga de batería para que en caso de fallo en la alimentación el sistema no pare.

El NMS-PRO incorpora toda la funcionalidad de NMS-STD y además presenta las siguientes características:

PRO CPU

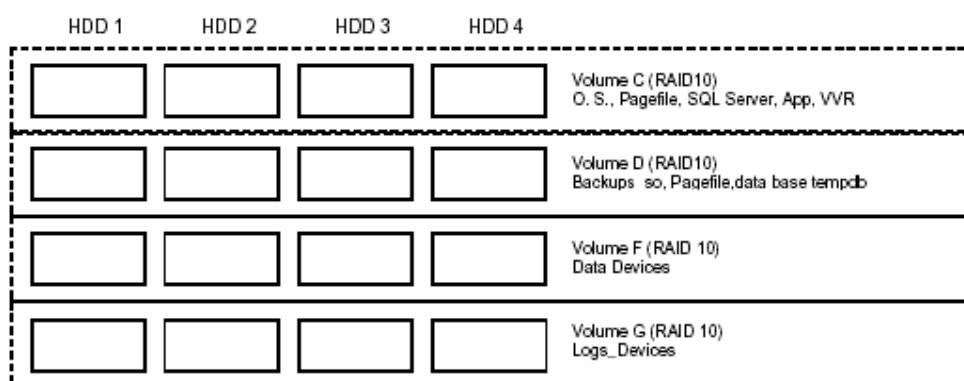


PRO DBS



PRO Switch





Ancho de banda:

Enlace LAN del SCN, Ethernet a 100Mbps.

Enlace LAN interno del NMS-PRO, Ethernet a 100/1000Mbps.

Ambientales:

Temperatura de operación: +10° C hasta +35° C.

Humedad: Desde 8% hasta 90% (sin condensar).

Mecánicas:

Dimensiones (Largo x Alto x Ancho): 503mm x 352mm (8U) x 483mm.

Peso: 38.2 Kg.

El NMS se ha diseñado siguiendo el estándar ISO (Organización internacional de Estandarización). Cuyas principales directrices se condensan en el acrónimo "FCAPS"

4.1.1.3. Funcionalidad del NMS

Las principales funcionalidades son:

1) Gestión de Mantenimiento:

Histórico de Alarmas y Eventos

Exportación a fichero del histórico de alarmas y eventos

Monitorización en Tiempo Real de Alarmas y Eventos

Monitorización en Tiempo Real de Lista de Llamadas

Mantenimiento Remoto

2) Gestión de Configuración

Arquitectura de Red

Configuración de Flotas, Grupos y Terminales

3) Gestión de Contabilidad de Llamadas

Histórico de llamadas

Exportación a fichero del histórico de llamadas

4) Gestión de Seguridad

Gestión del "logging" de los usuarios NMS

Gestión de la autenticación de los terminales TETRA

Copias de seguridad de las bases de datos del CNC

5) Estadísticos

4.1.1.4. Tipos de usuario autorizados

Los usuarios del sistema están diferenciados en cuatro niveles:

1. **Administrador:** tiene acceso total a todas las funcionalidades de la aplicación.
2. **Mantenimiento:** tiene acceso a las funcionalidades de Gestión de red.
3. **Operador de flotas:** tiene acceso a las funcionalidades de Gestión de flotas, y siempre restringido a los permisos de acceso para cada flota del sistema.
4. **Operador line dispatcher:** tiene acceso a las funcionalidades de Gestión de flotas y Gestión Dispatcher, y siempre restringido a los permisos de acceso para cada flota del sistema.

El diseño de la infraestructura está orientado al direccionamiento IP, lo que permite un sencillo y eficaz acceso a cualquier elemento de la red por medio de conexiones Telnet, HTTP o SNMP, así como telecarga por medio de FTP.

Un punto a destacar del NMS es el módulo de Monitorización en tiempo real del NMS permite la monitorización del estado de los diferentes elementos que componen la red y la ocurrencia de incidencias que afectan a este estado.

4.1.1.5. Puesto cliente del sistema de gestión

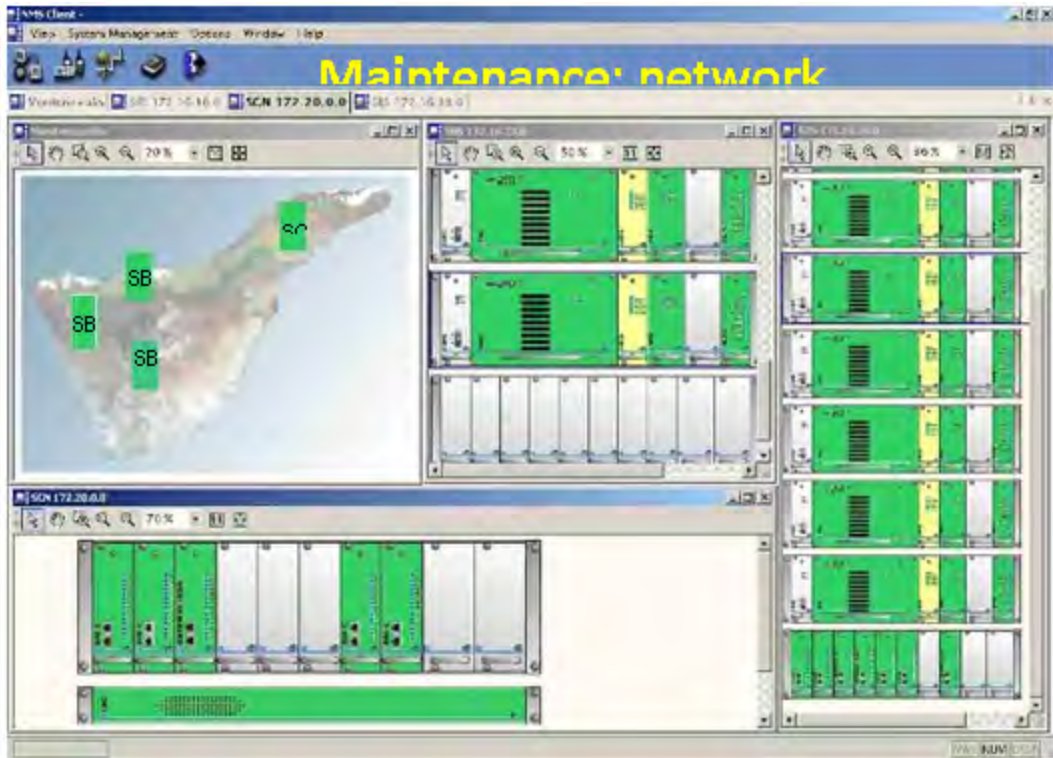
El PC con el software NMS Cliente que será instalado tiene las siguientes características:

- Sistema Operativo: Windows XP.
- Tarjeta Ethernet 100 Mbps.
- Tarjeta de sonido.
- Monitor de 17 pulgadas.

El sistema NMS (Network Management System) es el sistema de gestión global de la infraestructura. Desde el NMS se realizan todas las tareas de configuración tanto de la arquitectura de la red como de los terminales o abonados con los que se permite trabajar al sistema. La monitorización es otra de las tareas fundamentales del NMS.

El sistema de gestión de red NMS tiene una arquitectura cliente/servidor multiusuario con diferentes niveles de acceso y grados de servicio, el NMS constituye la parte “servidor” de dicha arquitectura.

El NMS se compone de un hardware más un software que permite el acceso al CNC para poder realizar las funciones de gestión sobre la infraestructura.



NMS Client [experta2] - [Historia de incidencias]

Archivo Ver Gestión del Sistema Opciones Ventana Ayuda

Arquitectura de Red... Historia de Incidencias

Filtro

Clase: [Redundant N...] [OK] [Cancelar]

Estado: [Resuelto] [OK] [Cancelar]

Aplicar filtro

Localización: [Redundant N...] Dispositivo: [Redundant N...] Tipo Incidencia: [Redundant N...]

Quitar filtro

Número máximo de incidencias en la ventana: [1000]

Número de incidencias en ventana: 40

ID	Fecha/Hora	IP	Localización	Dispositivo	Tipo Incidencia	CVC Origen	Info_Aus
100007	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	1 - Comunica...		00
100008	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	2 - Comunica...		00
100009	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	1 - Comunica...		00
100010	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	2 - Comunica...		00
100011	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0100020000...
100012	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0100020000...
100013	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0101000000...
100014	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0107000200...
100015	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100016	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100017	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100018	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100019	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100020	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100021	04-09-2007 ...	172.20.125.1	SCV	Firewall	1 - Comunica...		
100022	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0100001000...
100023	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0100001000...
100024	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	4 - Evento		0100020000...
100025	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	1 - Comunica...		
100026	04-09-2007 ...	172.20.124.1	SCV	MAMI	2 - Comunica...		
100027	04-09-2007 ...	172.20.125.1	SCV	Firewall	2 - Comunica...		
100028	04-09-2007 ...	172.20.127.1	SCV	NMS	4 - Evento		000004
100029	04-09-2007 ...	172.20.127.1	SCV	NMS	4 - Evento		000001
100030	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		000000
100031	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100032	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100033	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100034	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100035	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100036	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100037	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100038	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100039	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...
100040	04-09-2007 ...	172.20.127.11	SCV	Redundant N...	4 - Evento		0001000000...

Conectado a: NMS STD V10.00.10 Servidor NMS

Fecha / hora servidor: 04 Septiembre 2007 / 12:55:00 CVC

4.1.1.5.3. Módulo de estadísticos

El módulo de estadísticos del sistema es una herramienta cuyo objetivo es obtener información de una red en uso, a partir de esta información el usuario del módulo puede ser capaz de determinar si se está dando un buen uso a la red, si es necesario un redimensionamiento de la misma y otras.

Para ello, el módulo de estadísticos permite mostrar gráficas y tablas que indican los diferentes valores del volumen del tráfico a los que está sometida la red en análisis. Con ellos, y su correspondiente interpretación se actuará sobre los puntos concretos de la red.



Figura 4.7. Estadísticos y Reportes de Tráfico mostrados en un Cliente NMS. (Consola de tráfico y reportes). Ref [12]

4.1.2.- SNI (Site Node Interface)

Los SNI son las tarjetas que se necesitan siempre para enlazar el nodo con las zonas, por lo tanto son elementos obligatorios en la red. Las tarjetas SNI se alojan tanto en el nodo como en las zonas excepto el SNI Ethernet que debe instalarse siempre en las zonas.

Otra excepción del SNI Ethernet es que carece de puertos externos, realizando el enlace internamente mediante interfaz Ethernet. Cada SNI Ethernet solo puede unir el nodo a una sola zona, a cambio, tiene la ventaja de que basta un solo SNI para realizar el enlace.

Existen varios tipos de SNI, dependiendo del tipo de interfaz utilizado: G.703/G.704, S/T, V.35, G.703 codireccional y Ethernet. Detallaremos el utilizado más habitualmente.

4.1.2.1.- SNI Ethernet

4.1.2.1.1.- Introducción

El módulo SNI ETHERNET constituye un enlace entre una zona y el nodo central (Site Node Interface) de la infraestructura. Se utiliza en configuraciones en las que no se requiere un interface físico extra además de Ethernet para comunicar el SCN con la SBS. La información que llega del SCN se transfiere a la SBS y viceversa.

Cada SNI Ethernet solo puede unir el nodo a una sola zona, a cambio, tiene la ventaja de que basta un solo SNI para realizar el enlace.

El SNI Ethernet debe ser instalado en la SBS.

4.1.2.1.2.-Características técnicas

Funcionales:

- Accesos con una velocidad de transferencia superior a la de cualquier otro SNI al realizarse el enlace entre el SCN y la SBS de forma virtual mediante software.

- Indicación visual del estado de los links.

- Pulsador de Reset. Restauración inicial sin necesidad de desconectar la tarjeta del rack.

- MTBF: 216.893 horas

Eléctricas:

Tensión nominal: 26.4Vdc (21.6-28Vdc)

Consumo: 10W

Interface Ethernet: IEEE 802.3u,x

Ambientales:

Temperatura de operación: De -10°C a 60°C.

Humedad: De 5% a 75% (sin condensar).

Mecánicas:

Formato Eurocard

Dimensiones (Largo x Alto x Ancho): 325mm x 128mm (3U) x 40mm
(8UP)

Peso: 350 g

4.1.3.- LSC (Local Switch Controler)

4.1.3.1.- Introducción

El "Local Switching Controller" (Controlador redundante de SBS) es un elemento opcional dentro de la red. Se encuentra situado en la SBS vigilando el enlace entre la SBS y el CNC. En el momento en que el enlace cae, toma el control de la SBS, permitiendo que los abonados TETRA puedan seguir estableciendo comunicaciones localmente en la zona ("modo degradado") hasta que se restablezca la conexión.

4.1.3.1.- Características técnicas

Funcionales:

Ordenador industrial basado en plataforma ETX sobre tarjeta Eurocard.
Hot swap.
Indicación visual de alimentación del módulo y estado de los links.
Pulsador de Reset. Restauración inicial sin necesidad de desconectar la tarjeta del rack.
MTBF: 179390 horas
Cumplimiento de normativas acorde al ETX Industrial Group (ETX-IG).

Eléctricas:

Tensión nominal: 26.4Vdc (21.6-28Vdc)
Consumo: 15W
Interface Ethernet: IEEE 802.3u,x

Ancho de banda:

Enlace Ethernet con la WAN SBS: Entre 64Kbps y 2Mbps.
Enlace Ethernet con la LAN SBS: Entre 100Kbps y 2Mbps (configurable desde el NMS).

El decremento de anchos de banda incrementa considerablemente los tiempos de transferencia.

Ambientales:

Temperatura de operación: De 0°C a +55°C.
Humedad: De 10% a 90% (sin condensar)

Mecánicas:

Formato Eurocard
Dimensiones (Largo x Alto x Ancho): 325mm x 128mm (3U) x 40mm
Peso 420 g



4.1.4.2.- Características técnicas

Funcionales:

Secuencia NMEA 0183 V2.01.
Señal de reloj de 10 MHz con una estabilidad de 0.1 ppm
Señal PPS (Pulso Por Segundo).
MTBF: 388900 horas (sin GPS)
MTBF: 329000 horas (con GPS)

Eléctricas:

Tensión nominal: 26.4Vdc (21.6-28Vdc)
Consumo: 15W

Ambientales:

Temperatura de operación: De -10°C a +60°C.
Humedad: De 0% a 90% (sin condensar)

Mecánicas:

Dimensiones (Largo x Alto x Ancho): 288mm x 130mm (3U) x 55mm (11UP para BSYNC-BSYNC GPS) o 40mm (8UP para MSYNC-MSYNC GPS)
Peso sin GPS: 280 g.
Peso con GPS: 320 g.

4.1.5. MAM

4.1.5.1.- Introducción

El módulo MAM (Maintenance and Alarm Module) es un módulo opcional utilizado como supervisor de elementos no inteligentes en la Infraestructura. La MAM obtiene información de las variables de su entorno para poder reportarlas al NMS.

El módulo MAM es un módulo opcional en la red formando parte de una SBS (Site Base Station) o del SCN (Switching Control Node).

La MAM se comunica con los elementos locales (dentro de la misma SBS o SCN) mediante una LAN Ethernet, y con el SCN (cuando la MAM se encuentra en una SBS) mediante enlaces remotos WAN entre SNIs (Site Node Interface)

El módulo MAM está diseñado en el formato estándar de 19” y 1 Unidad de altura por lo que debe ser instalado en bastidores con este formato.

4.1.5.2.- Características técnicas

El módulo MAM/APS incluye internamente un módulo de alimentación auxiliar, APS, para saber más detalles de dicho módulo consultar el apartado correspondiente de este mismo capítulo.

Funcionales:

- Indicación visual mediante LED de alimentación del módulo.
- Indicación visual mediante LEDs del estado de la conexión Ethernet.
- Indicación visual mediante LEDs del estado de los sensores y umbrales de alarma.
- Conexión Ethernet 10 base-T mediante conector estándar RJ45.
- Notificación de alarmas mediante Traps SNMP
- Servidor web interno para configuración
- Monitorización del nivel de tensión de alimentación del armario.
- Monitorización de la temperatura interna del bastidor.
- Monitorización de la temperatura externa del bastidor (mediante sensor de temperatura).
- Monitorización de la potencia directa y reflejada de antena (mediante sensor de potencia).
- Tres puertos configurables internamente
 - Entrada para monitorización de señales 4/20mA
 - Entrada para monitorización de niveles de tensión continua (hasta 60V)
 - Entrada para monitorización de temperatura adicional.

Salida programable con relé
Hasta 20 entradas “dry contact” de los cuales se reservan los puertos 9, 10, 11 y 12 para la monitorización de alarmas de la fuente de alimentación PSI
MTBF: 82.327 horas

Eléctricas:

Tensión nominal de entrada: 26.4Vdc (21.6-28Vdc)
Consumo: 20W (Hasta 130W en el caso de usarse las salidas de la APS).
Tensiones de salida: (ver apartado del módulo APS)
Interface Ethernet: IEEE 802.3u,x

Ancho de banda:

Enlace con la LAN SCN o SBS: 40 Kbps.
Enlace con la WAN: 32 Kbps.

Ambientales:

Temperatura de operación: De 0°C a +55°C.
Humedad: De 30% a 70%

Mecánicas:

Dimensiones (Largo x Alto x Ancho): 350mm x 44mm(1U) x 420mm
Peso: 3900 g

4.1.6.- PTS (Power & Temperature Sensor)

4.1.6.1.- Introducción

El módulo PTS (Power&Temperature Sensor) es el módulo que se encarga de recoger la información del nivel de reflejadas en una SBS y dar alarma en caso de superar el límite potencia reflejada configurado así como de obtener información a través de una sonda de temperatura externa (interna al bastidor) y dar una alarma en caso de superar el límite de temperatura configurado.

El módulo PTS es un módulo obligatorio en las SBS de la red.

4.1.6.2.- Características técnicas

Funcionales:

Indicación visual mediante LED de alimentación del módulo.
Indicación visual mediante LED del estado de las alarmas.
Dip swich para configurar los limites de alarma RV.PW y sobre temperatura.
MTBF: 780000 horas

Eléctricas:

Tensión nominal: 26.4Vdc (21.6-28Vdc)
Consumo: 3 W

Ambientales:

Temperatura de operación: De -20°C a 60°C.
Humedad: De 0% a 90% (sin condensar)

Mecánicas:

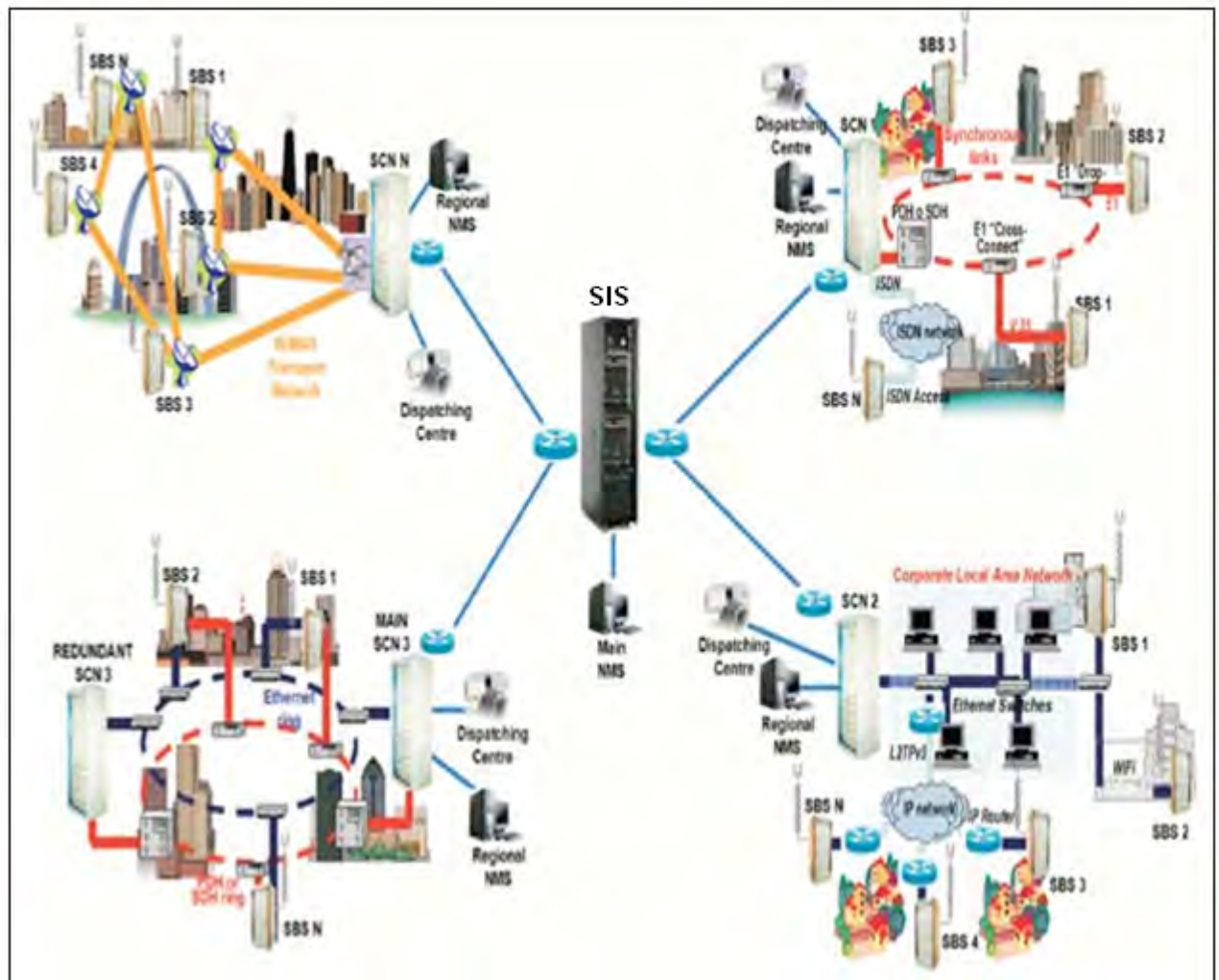
Dimensiones (Largo x Alto x Ancho): 40mm x 44mm(1U) x 483mm
Peso: 1144 g

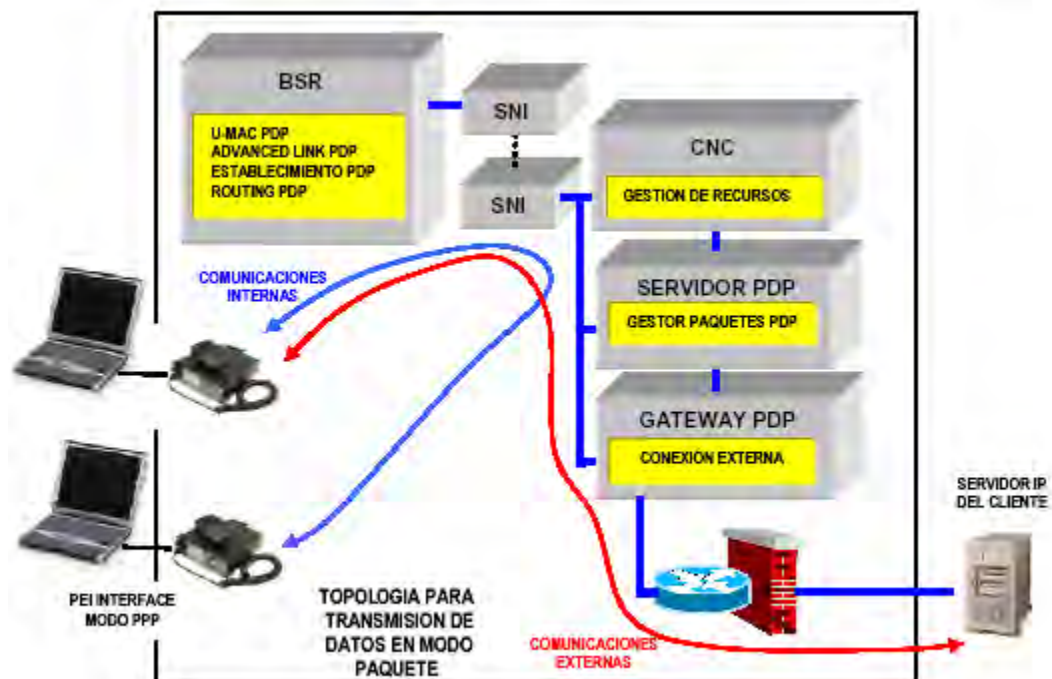
4.1.7.- SIS (Site Interconnection System)

La arquitectura del sistema NÉBULA está diseñada para posibilitar su ampliación de manera simple y, por tanto, evitando costes elevados. Cada SCN puede enlazar hasta 250 SBS.

El SIS (Site Interconnection System) permite la interconexión de hasta 64 SCN y 8000 SBS. Basado en las plataformas ATCA (Advanced Telecom Computing Architecture) y CG (Carrier Grade) está diseñado con redundancia completa de cada uno de sus elementos alcanzando una gran disponibilidad.

Una gran red TETRA interconectada con un SIS y dotada de SCN's propios a cada subred sería la mostrada en la siguiente figura:





4.2.-Tipos de llamada y servicios de datos. Posibilidades y limitaciones

4.2.1.-Tipos de servicios de conmutación

El sistema por descontado debe soportar todos los servicios de voz y de datos especificados por la norma TETRA (llamadas de voz individuales y de grupo, semi duplex y full duplex, transmisión de mensajes cortos de texto SDS y de estado, transmisión de datos en modo circuito y en modo paquete).

4.2.2.- Modos de operación

Los modos de funcionamiento del sistema TETRA son los siguientes:

- Modo Trunking (TMO). Las comunicaciones de voz y datos usarán la red TETRA.
- Modo Degradado de Estación Base (Fall-Back). La funcionalidad de “Fall-back” de zona permite contar con un funcionamiento muy avanzado (comunicaciones de voz, comunicaciones de datos, etc.) en una SBS aislada debido a caídas de enlaces con el nodo central o del propio CNC.
- Pasarela de Modo Directo: El sistema propuesto soporta esta funcionalidad, de forma que los terminales se comuniquen a través de pasarelas de modo directo, estableciéndose comunicaciones entre la infraestructura o terminales en modo trunking y terminales en modo directo.
- Modo Directo (DMO). En este modo los terminales TETRA operan sin la infraestructura TETRA, en canales reservados para este fin.

4.2.2.1.- Modo directo

Los usuarios pueden establecer comunicaciones directas entre ellos, sin necesidad de que la infraestructura tome parte. Para ello basta con introducir el identificador del usuario o grupo destinatario, o seleccionarlo en la agenda, y pulsar la tecla PTT del terminal.

El cambio entre el modo TETRA Voz + Datos (TMO) y modo Directo (DMO) es posible realizarlo de manera intuitiva mediante el menú.

Cuando un equipo está trabajando en DMO, está continuamente comprobando si en el canal seleccionado existe alguna llamada en curso en la que él mismo esté involucrado. Cuando la detecta, ya sea individual o de grupo, entrará en comunicación.

El paso de modo directo a modo trunking en caso de pérdida de cobertura se realizará de manera manual. Está previsto el próximo desarrollo de la función de paso automático en caso de pérdida de cobertura.

En pantalla se visualizará un icono indicando que el equipo está trabajando en modo directo.

Trabajando en modo directo, se pueden realizar llamadas individuales entre dos terminales que tengan seleccionado el mismo canal y que estén lo suficientemente cercanos como para que la señal de cada uno llegue directamente hasta el otro. Estas son las únicas restricciones, sin importar a qué grupo o flota pertenezcan cada uno de ellos.

También se pueden realizar llamadas de grupo, a terminales pertenecientes a un mismo grupo, que tengan seleccionado el mismo canal de modo directo y estén en un área de cobertura común. Cada grupo se puede configurar para que esté disponible tanto para modo trunking como para modo directo, o que esté disponible sólo en uno de esos modos de trabajo.

La función Scanning de grupos permite que cuando un equipo está involucrado en una llamada de grupo pueda seguir escaneando los grupos que tiene incluidos en su lista de escaneo y recibir llamadas de ellos siempre que la nueva llamada sea más prioritaria que la actual. Los equipos pueden ser configurados también para participar en llamadas en canal abierto.

El servicio Late Entry permite a los equipos incorporarse a una llamada en modo directo de grupo ya en curso. Esta llamada es detectada por el terminal cuando selecciona el canal en el que se está realizando la llamada y comprueba que estaba dirigida a un grupo al que él pertenece.

Cada equipo posee un identificador único dentro de la red, que es visualizado en el terminal llamado, ya sea en llamadas en modo directo o en modo trunking. El envío de esta identificación puede ser restringido.

Con el terminal trabajando en modo directo se pueden realizar llamadas de emergencia, al terminal o grupo que se programe. Estas llamadas tienen siempre prioridad máxima e interrumpen a cualquier otra llamada en curso que esté ocupando el canal.

En este modo de trabajo es posible escoger entre cuatro niveles de prioridad: Baja, Alta, "Pre-emptive" y "Emergency pre-emptive" mediante programación para cada tipo de llamada. Normalmente, la prioridad "Emergency pre-emptive" se asigna únicamente a las llamadas de emergencia.

En los próximos meses será desarrollada la función de envío y recepción de mensajes de estado y datos cortos en modo directo.

4.2.2.2. Modo a través de repetidor

La funcionalidad permite que los equipos trabajen en modo directo a través de otro terminal repetidor (DMO-Repeater Tipo 1A) que transmita la información hacia dos terminales comunicados en modo directo.

Esta funcionalidad es muy importante en entornos en los que se quiera suministrar cobertura en zonas limitadas, así como túneles, pozos y demás situaciones críticas en las que se ven envueltos los servicios de emergencia de clientes de los principales fabricantes TETRA.

4.2.2.3.- Modo directo a través de pasarela

La opción DMO-Gateway para soportar la comunicación en modo directo a través de pasarela. Este modo permite realizar llamadas de grupo desde terminales que se encuentren en modo DMO hacia terminales registrados en la infraestructura y viceversa:

- Llamada de grupo desde DMO a TMO
- Llamada de grupo desde TMO a DMO

El modo DMO-Gateway será seleccionado por el usuario, bien a través del MMI o mediante un comando PEI. Cuando un terminal sea configurado en modo DMO-Gateway, transmite una señal de presencia que será empleada como referencia de tiempo y frecuencia cuando un terminal en modo DMO quiera realizar una llamada a través de pasarela.

Las llamadas de modo directo a modo normal trunking, y viceversa, están disponibles para comunicaciones de grupo y llamadas de emergencia.

Cuando los terminales están funcionando bajo el modo de pasarela, tienen prácticamente los mismos servicios que funcionando en modo normal; como identificación del usuario llamante, llamadas de emergencia, llamadas con prioridad, entrada tardía, etc.

4.2.3.- Servicios básicos de voz

Se soportan los siguientes tipos básicos de voz:

- Llamadas individuales
- Llamadas de grupo
- Llamada general
- Llamada de emergencia

El sistema TETRA soporta handover tipo 3 sin necesidad de utilizar sincronismo externo. El tiempo máximo de reestablecimiento de llamadas debido al cambio de célula en un sistema sin carga es de 500 ms.

A continuación se detallan los tiempos máximos de establecimiento de llamadas y retardos de llamada habituales:

Tiempo máximo de establecimiento de llamada entre terminales radio.	198 ms	Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms.
Tiempo máximo de establecimiento de llamada entre terminal radio y puesto de despacho.	570 ms	Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms.
Tiempo máximo de establecimiento de llamada entre terminal y cualquier red conectada al sistema mediante las facilidades de interconexión.	845 ms	No incluye retardo adicional introducido por la red externa, en caso que de hubiere. Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms.
Retardo medio del audio global originado por el Sistema de acuerdo a la configuración propuesta.	350 ms	Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms. Se considera para los cálculos que el sistema está en reposo.
Tiempo de retardo máximo de llamada entre terminales radio.	450 ms	Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms. Se considera para los cálculos que el sistema está en reposo.
Tiempo de retardo máximo de llamada entre terminal radio y puesto de despacho.	950 ms	Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms. Se considera para los cálculos que el sistema está en reposo.
Tiempo de retardo máximo de llamada entre terminal y cualquier red conectada al sistema mediante las facilidades de interconexión.	950 ms	Se considera para los cálculos un retardo típico en la red de transporte de 15 ms. Se considera para los cálculos que el sistema está en reposo. No incluye retardo adicional introducido por la red externa, en caso que de hubiere.

Habitualmente y tras la puesta en marcha de servicio en un proyecto TETRA, el fabricante debe realizar pruebas de medida de calidad. Se trata del procedimiento PESQ. La tecnología digital TETRA y las prestaciones de la infraestructura y terminales deben garantizar una calidad de audio óptima en las comunicaciones.

4.2.3.1.- Llamadas Individuales

Una llamada individual o punto a punto es una comunicación bidireccional establecida entre dos usuarios, independientemente de su ubicación dentro de la zona de cobertura de la red, en la cual sólo participan ellos, cuyas características de tramitación, duración, finalización, etc. dependerán de sus privilegios.

Las llamadas individuales pueden ser:

- **Semi-dúplex:** El usuario deberá utilizar el PTT para realizar la transmisión desde el terminal. Solamente se ocupa un TCH de la BSR si la comunicación se realiza dentro de una misma SBS. Si los dos interlocutores son LD no hay ocupación de ningún TCH.
- **Dúplex:** La comunicación se establece en transmisión continua entre los dos terminales. La ocupación de canales TCH TETRA en este caso es de dos si estamos en la misma SBS, y se consume uno en cada SBS si es una llamada inter-zonal entre dos SBSs. Si los dos interlocutores son LD no hay ocupación de ningún TCH.
- **Direct:** El equipo llamado descuelga automáticamente. La capacidad de establecimiento de comunicación es del llamante.
- **Hook:** El equipo llamado recibe el aviso del llamante y tiene que descolgar para comenzar la comunicación. Hasta que no se descuelga no se consume el TCH. La capacidad de establecimiento de comunicación es del llamado. Si los dos interlocutores son LD no hay ocupación de ningún TCH.

Los tiempos de duración máximos por llamada se configuran en función de si la llamada es de datos, de teléfono, de line dispatcher o de voz y del rango de prioridades definibles para las mismas. En cada combinación se puede definir de forma independiente si es individual o de grupo.

4.2.3.2.- Llamadas de grupo

Una llamada de grupo o punto a multipunto, se denomina a la comunicación que un único usuario llamante establece con un grupo de usuarios. Dicha se produce entre todos usuarios autorizados de un grupo, independientemente de su ubicación dentro de la zona de cobertura.

Las llamadas de grupo se pueden establecer entre un único llamante y un grupo de usuarios, que pueden consistir en terminales radio, puestos de despacho, o usuarios asociados a redes externas IP (puesto de despacho externo a través de N2A). El sistema soporta asimismo llamadas de grupo establecidas desde un llamante de tipo telefónico, a través del Gateway RDSI.

Para un terminal en una llamada de grupo, es suficiente con pulsar PTT para establecer comunicación, sin necesidad de que el terminal que generó la llamada, ni ningún otro, realice acción adicional alguna. Además soporta el servicio suplementario Late Entry, así permitiendo que se vayan incorporando a una llamada de grupo en curso aquellos terminales no disponibles inicialmente.

Las llamadas de grupo cumplen las siguientes características:

- Siempre es una llamada semi-dúplex y directa, es necesario el uso del PTT para hablar.
- El llamante siempre tiene el permiso inicial de transmisión, otorgado por el sistema.
- Existe un tiempo de inactividad de transmisión configurable que produce el corte de la llamada cuando éste expira.

Las diferentes divisiones de Grupos TETRA definidos en la Norma son:

División dependiente del acceso del MS al grupo:

- "Selected group" (grupo seleccionado): Grupo activo en el terminal para establecer y recibir llamadas.
- "Scanned groups" (grupos escaneados): Conjunto de grupos para los que el terminal puede recibir llamadas (exceptuando el seleccionado).
- "Attached groups" (grupos attacheados): Comprende el grupo seleccionado y los grupos escaneados. El terminal envía esta lista al sistema durante el registro, y cada vez que el usuario la modifica.

División dependiente de la configuración del propio Grupo:

- Normal / Late Entry: Activando la función Late Entry, se envía periódicamente por el Canal de Control una indicación de paso a tráfico de una llamada de grupo existente. Permite que se vayan incorporando a una llamada de grupo en curso aquellos terminales no disponibles inicialmente. La latencia de Late Entry es configurable.
- Abierto / Cerrado: Configurado un grupo como Abierto, si éste es Normal (no Late Entry), permitirá que un terminal que llame a ese grupo se integre en una llamada de este grupo que esté actualmente en tráfico. Cerrado no permitirá que se entre a dicha llamada.
- Zonal / Interzonal: Permitir que el grupo actúe en una SBS local o en varias.

Si bien existe un número total de grupos soportados por el sistema (de alrededor de 10.000), no existe limitación en el número de receptores posibles en una llamada de

grupo. El número de grupos a los que puede estar asociado un terminal depende de cada modelo y fabricante. Los terminales por norma suelen soportar un gran número de ellos, alrededor de 1.050 grupos (modelos MDT-400 / DT-410) ó 2.500 grupos (modelo HTT-500) del fabricante Teltronic.

La utilización de recursos radio de Estaciones Base en una llamada de grupo, será dependiente y dinámica en función de la presencia de usuarios registrados en dicho grupo. A una llamada de grupo se le asigna un canal en cada estación base donde se encuentre registrado al menos 1 terminal perteneciente a ese grupo.

4.2.3.3.-Llamada general

La llamada General o "broadcast" son llamadas de grupo en las que solamente puede hablar el equipo llamante.

Los puestos de despacho pueden seleccionar más de un grupo para establecer una llamada general. Los terminales radio pueden seleccionar un grupo para establecer una llamada general. No obstante si se incluye la funcionalidad "DGNA de grupos" en la infraestructura permitirá establecer llamadas a cualquier terminal radio a un grupo formado por varios grupos.

Una llamada general puede configurarse con una prioridad de tipo "pre-emptive", de forma que al realizarse interrumpa comunicaciones en curso entre los usuarios receptores, siempre y cuando no estén involucrados en una llamada de mayor prioridad.

Si la llamada general se configura con prioridad pre-emptiva, se cortarán las llamadas de voz y de datos en modo circuito de menor prioridad. Las llamadas de datos en modo paquete se cortarán o no, dependiendo de los terminales

4.2.3.4. Llamada de emergencia

Una de las características principales y más útiles de los sistemas TETRA es la realización de llamadas con prioridad, de forma que se permite que los abonados elijan, configurando su terminal de la manera apropiada, la prioridad de las llamadas que efectúen entre 15 posibles valores. La prioridad predefinida para las llamadas es '1' como mínima. La prioridad máxima, '15', está reservada para llamadas de emergencia. Cuando hay saturación en el sistema, los canales se asignan primero a las llamadas de prioridades más altas.

Las prioridades de llamada con números '12', '13', '14' y '15' son denominadas "pre-emptive" ('expulsivas'), lo que significa que, si es necesario, el sistema cortará llamadas anteriores para dar paso a la llamada nueva:

- Prioridades '12' y '13': si todos los canales están ocupados, el sistema cortará una llamada antigua para dar paso a la llamada nueva.
- Prioridad '14': como las anteriores. Además, si el destinatario de la nueva llamada está ocupado en una llamada anterior, esa llamada anterior será cortada para que dicho destinatario entre en la llamada nueva.
- Prioridad '15': como la prioridad '14'. Además, las llamadas de prioridad '15' son consideradas 'llamadas de emergencia'. Los usuarios pueden efectuar llamadas de emergencia aunque su configuración no les permita realizar llamadas con prioridad alta.

Se estima un tiempo máximo de establecimiento de la llamada de emergencia de 198 ms, consideran un retardo en la red de transporte de 15ms.

Ante una llamada de emergencia entrante se cortarán las llamadas de voz y de datos en modo circuito. Las llamadas de datos en modo paquete se cortarán o no, dependiendo de los terminales. Los terminales son de tipo C, por tanto la transferencia de datos sólo será interrumpida por las llamadas de emergencia, tanto salientes como entrantes, según el perfil TIP para la Interacción de Servicios TIP TTR 001-012.

Cualquier terminal radio con los privilegios adecuados o puesto de despacho podrá iniciar una llamada de emergencia hacia otros terminales radio o puestos de despacho, mediante la pulsación de la tecla o botón destinada a tal efecto. Se pueden establecer llamadas de emergencia individuales o de grupo. Para ello, es posible predefinir en el terminal radio el tipo de llamada de emergencia y el destino de la misma.

Un posible modo de funcionamiento es que cada puesto de despacho responda a las llamadas de emergencia de sus flotas.

4.2.4.- Servicios adicionales de voz

A continuación se listan los servicios adicionales disponibles que complementan a los servicios básicos de voz:

- Escucha Ambiente
- Escucha Discreta
- Creación dinámica de grupos
- Fusión de grupos
- Selección de área operativa en llamadas de grupo. A la hora de configurar un grupo, es posible seleccionar aquellas SBSs en las que puede operar el grupo (botón SBSs grupos):

Códigos	
GSSI	Descripción del grupo
10	

Propiedades de las llamadas del grupo	
<input type="button" value="SBSs grupos ..."/>	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte de Late Entry (Tasa de repetición)
	<input checked="" type="radio"/> Baja <input type="radio"/> Normal <input type="radio"/> Alta
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto	<input type="checkbox"/> Todas las SBSs son obligatorias

Permisos de las llamadas del grupo	
<input checked="" type="checkbox"/> Recepción de voz	<input checked="" type="checkbox"/> Recepción de datos cortos
<input checked="" type="checkbox"/> Recepción de datos	<input checked="" type="checkbox"/> Recepción de llamadas de emergencia
<input checked="" type="checkbox"/> Recepción de estado	

Acciones	
<input type="button" value="Aplicar"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>

- SS-CI Call identification. Cuando un usuario recibe una llamada, puede ver en el display de su equipo el número de abonado del usuario llamante. Similar al servicio "identificación de llamada" de la telefonía pública.
- SS-CLIP Calling line identification presentation. Relacionado con el servicio suplementario "Call identification", se refiere a si un usuario concreto desea o no ver la identificación del número llamante de las llamadas que reciba.
- SS-CLIR Calling line identification restriction. Relacionado con el servicio suplementario "Call identification", permite a un usuario ocultar su identidad cuando realiza llamadas, de modo que el sistema no informa al llamado de quién está realizando la llamada.
- SS-TPI Talking party identification. Relacionado con el servicio suplementario "Call identification". En una llamada de grupo, el usuario puede ver en el display de su terminal el número del abonado que está hablando en cada momento.
- SS-BOC Barring of outgoing calls. Este servicio suplementario permite al operador de flota restringir los tipos de llamadas que pueden efectuar los abonados.
 - Por tipo de destino: llamadas individuales, de grupo, broadcast, inter-flota, a centralita ("PABX") y a teléfono ("PSTN").
 - Por tipo de información: llamadas de voz, datos en modo circuito ("datos"), mensajes cortos (SMS, "datos cortos"), y mensajes de estado (Status).
 - Por prioridad: llamadas de tipo "pre-emptive".
- SS-BIC Barring of incoming calls. Este servicio suplementario permite al operador de flota restringir los tipos de llamadas que pueden recibir los abonados.
 - Por tipo de información: llamadas de voz, llamadas de datos en modo circuito ("datos"), mensajes cortos (SMS, "datos cortos") y mensajes de estado (Status).
 - Por prioridad: llamadas de tipo "pre-emptive".
- SS-CRT Call retention. Las llamadas en tráfico tienen asociado un valor denominado "Call retention value" (CRT). Este valor se calcula en función de la prioridad con que se estableció la llamada. Cuando se establece en el sistema una llamada de tipo "pre-emptive", y el sistema necesita cortar llamadas anteriores para liberar recursos, se utiliza este valor como criterio para escoger qué llamada cortar.

4.2.5.- Servicios básicos de datos

Este servicio permite una amplia variedad de tipos de transmisión de datos:

- Mensajes de estado (a los que se asocia un texto)
- Mensajes de datos cortos (SDS) con una máxima longitud de mensajes de 140 caracteres (Latín-8 bits), ó 160 caracteres (GSM-7).
 - Mensajes de datos cortos SDS de tipo 1, 2, 3 y 4.
 - SDS tipo 4 con TL: Servicio de datos cortos con confirmación extremo a extremo de mensajes recibidos y/o consumidos.
- Datos modo paquete
- Datos modo circuito.

Con los datos modo circuito se consiguen tasas efectivas de transmisión que duplican a las obtenidas en modo paquete. Esto hace que sea más efectivo utilizar este tipo de datos en aquellas aplicaciones con una alta transmisión de información.

Los datos modo circuitos se comportan de forma transparente, lo que permite pensar en una fácil adaptación de aplicaciones existentes.

Además, los terminales propuestos soportan la funcionalidad “Inquiry Method” que permite el acceso a bases de datos externas desde el display del terminal radio directamente. El acceso a las bases de datos externas se puede realizar de forma fácil e intuitiva directamente desde los terminales TETRA propuestos mediante SDS con un formato especial. Esta funcionalidad se llama Inquiry Method y permite recibir la información de la Base de Datos directamente en el display del terminal radio. La operativa básica es el envío de la consulta del usuario vía SDS sobre N2A hacia un servidor externo o base de datos, el cual responde por el mismo medio con la información requerida. El SDS de consulta tiene un formato de plantilla o formulario, cuya estructura exacta y texto asociado se puede configurar por programación. El usuario puede introducir los caracteres en una serie de campos editables, incluyendo un campo de identificación de usuario y otro para una clave de acceso. Las respuestas de la base de datos en forma de SDS se pueden almacenar en la bandeja de entrada del terminal, y también pueden ser en formato de mensajes inmediatos o mensajes FLASH, de forma que aparezcan en la pantalla del usuario sin necesidad de abrirlos.

4.2.5.1.- Transmisión de datos de estado

Un mensaje de estado es un número de 16 bits que se utiliza para informar de situaciones comunes sin necesidad de utilizar la voz. Este tipo de mensajes no utiliza canal de tráfico, sino que se cursa a través de canal de control.

Hay 3 mensajes estándares del sistema: Call back, Urgent back, Emergency status, que se encuentran ya fijados. El resto de mensajes de estados se preprograman en los terminales y/o despachadores, de forma que son asociados a un texto que se muestra en el display al recibir el estado.

Este servicio puede ser habilitado/deshabilitado desde las pantallas de configuración de Flotas, Grupos y Terminales del NMS, desde las pantallas de permisos de llamada.

Es posible enviar un estado a una dirección individual o a una dirección de grupo. Así mismo es posible el envío de un estado hacia otro terminal individual o grupo de terminales mientras se encuentra implicado en una llamada de voz o de datos en modo paquete.

La normativa TETRA define 32.768 estados diferentes permitidos.

El sistema debe soportar la simultaneidad de los servicios (transmisión y recepción) de datos de estado con llamadas individuales semidúplex, con llamadas individuales dúplex y con llamadas de grupo.

Los códigos de estado se encaminarán a los puestos de despacho asociados al identificador del equipo que los genera. Para ello se pueden programar los terminales consecuentemente, de forma que cada uno envíe sus mensajes de estado a un puesto de despacho u operador de flota determinado, de acuerdo a una estructura de flotas del sistema.

El retardo medio de los mensajes de estado se estima en 241 ms.

4.2.5.2.- Transmisión de datos cortos

Tanto la infraestructura TETRA, como los terminales soportan la transmisión / recepción de mensajes de datos cortos (SDS) con una máxima longitud de mensajes de 140 caracteres (Latín-8 bits) ó 160 caracteres (GSM-7).

Los mensajes de datos cortos se transmiten a través de canal de control, por lo que no ocupan recursos de tráfico del sistema.

Los tipos de mensajes de datos cortos soportados son:

- Mensajes de datos cortos SDS de tipo 1, 2, 3 y 4.

- SDS tipo 4 con TL: Servicio de datos cortos con confirmación extremo a extremo de mensajes recibidos y/o consumidos.

A continuación se va a describir cada uno de estos tipos

- SDS tipo 1 (16 bit). Envío de un Dato Corto SDS tipo 1 (16 bits de información).
- SDS tipo 2 (32 bit). Envío de un Dato Corto SDS tipo 2 (32 bits de información).
- SDS tipo 3 (64 bit). Envío de un Dato Corto SDS tipo 3 (64 bits de información).
- SDS tipo 4. Envío de un Dato Corto SDS tipo 4 (longitud variable). Formatos disponibles:
 - 160 bytes ASCII (GSM7) para mensajes en que interviene un terminal GSM de longitud máxima 160 caracteres, en caso de emplear el Gateway SMS-GSM.
 - 140 bytes en 8 bits (ISO/IEC 8859-1 latín 1) para el resto de mensajes de tipo 4.
- SDS- TL Envío de un mensaje corto de longitud variable (definido en el punto anterior), con informe de entrega y de lectura. El protocolo SDS-TL define distintos formatos de mensaje que dan soporte a mensajes de texto (interconectividad con GSM), mensajes con información de GPS, etc.

Los parámetros de programación en los terminales relacionados con SDS TL son:

- SDS-TL activado: SI/NO
- Enviar SDS tipos 1, 2, 3 y 4 como SDS TL: SI/NO
- Acuse de recibo si:
 - Nunca
 - Mensaje Recibido
 - Mensaje consumido
 - Ambos
- Periodo de validez: No hay / X segundos / Y horas / z días / infinito.
- Codificación del texto: 7-bit / Latín 1 (8-bit).
- Se requiere ACK report: SI / NO (se trata de un acuse de recibo del propio acuse de recibo)
- Número del Centro de Servicio (si hay): Has 24 dígitos
- Modo de Edición por defecto: Uppser case (ABC) / Lower case (abc) / Numeric (123).

El sistema debe permitir que los terminales envíen mensajes SDS mientras se encuentran realizando una llamada individual (semidúplex y full dúplex) y de grupo.

El sistema TETRA puede cursar del orden de 280.000 mensajes por hora. El tiempo de retardo estimado en el envío de mensajes SDS es de 723 ms.

A su vez soporta la funcionalidad SCCH (Secondary Control Channel) que permite dedicar los 4 slots de una portadora a canales de control para transmisión de mensajes SDS y de estado, cuadruplicando la capacidad de cursar este tipo de tráfico. Además, el sistema propuesto soporta FACCH, SCCH y Stealing.

4.2.5.3.- Transmisión de datos largos

Tipos de datos largos:

- Datos modo paquete
- Datos modo circuito.

Con los datos modo circuito se consiguen tasas efectivas de transmisión que duplican a las obtenidas en modo paquete. Esto hace que sea más efectivo utilizar este tipo de datos en aquellas aplicaciones con una alta transmisión de información.

Adicionalmente los datos modo circuito permiten el envío de datos simultáneos a grupos de terminales.

Los datos modo circuitos se comportan de forma transparente, lo que permite pensar en una fácil adaptación de aplicaciones existentes.

A continuación se muestran las velocidades de transmisión de datos por slot con ambos modos de transmisión:

Velocidad de datos (Kbits/s)	Teórico por slot	Practico por slot (*)
Datos modo circuito	7,2	6,8
Datos modo paquete	3,6	2,9
Datos Circuitos / Datos Paquetes	x 2	x 2,3

Figura 4.12. (*) (Circuit data FTP & paquetes 250 bytes / Packet Data FTP con paquetes de 1500 bytes). Ref [8]

Cabe destacar que la asignación de dos slots para una misma transmisión de datos en modo paquete se pueden alcanzar tasas teóricas de 14,4 Kbps.

Para cada SBS es posible definir el número mínimo y el número máximo de canales reservados para datos en modo paquete (canales PDCH). El sistema permite asignar dinámicamente recursos para la transmisión de datos en función del momento de carga de tráfico de voz.

Se incluyen en la siguiente tabla los tiempos máximos de establecimiento de llamada en modo circuito y en modo paquete, y el retardo máximo de tránsito para datos en modo paquete orientado a conexión y no orientado a conexión:

Tiempo máximo de establecimiento de llamadas de datos en modo circuito.	383 ms
Tiempo máximo de establecimiento de llamadas de datos en modo paquete.	No hay establecimiento de llamada en las comunicaciones de datos en modo paquete.
Retardo máximo de tránsito para datos en modo paquete orientado a conexión.	341 ms
Retardo máximo de tránsito para datos en modo paquete no orientados a conexión.	341 ms

El tiempo de tránsito para datos en modo paquete no depende del tipo de transmisión (orientado a conexión o no, es decir, empleando el protocolo TCP ó el UDP), ya que se considera únicamente el retardo introducido por la red TETRA, no el posible retardo introducido por un usuario conectado al sistema a través de una red IP externa. El retardo introducido por la red TETRA no depende del protocolo de transporte empleado. El protocolo empleado únicamente influye, en lo que a la red TETRA se refiere, en la cantidad de información de cabecera transmitida, pero no en el tiempo de tránsito de cada paquete.

Como interfaz a redes IP de datos en modo paquete se ofrece la posibilidad de que los terminales radio puedan intercambiar paquetes de datos en este formato con usuarios de una red IP conectada a la infraestructura por Ethernet. Para ello el interfaz ofrecido a modo de licencia se denomina N2A PDP, siendo el interfaz físico el firewall de de la interfaz Ethernet. El interfaz ofrecido por los terminales en el interfaz estándar PEI, indicado en la norma TETRA (Peripheral Equipment Interface).

La funcionalidad "Packet Data" (PDP) permite el envío y recepción de datos TCP/IP entre terminales TETRA, así como la conexión a servidores de información externos a la red. Los datos TCP/IP se agrupan en pequeños paquetes denominados "datagramas IP" (según IETF RFC 791, "Internet Protocol version 4").

La asignación de direcciones es según IPv4 con asignación estática o dinámica. En ambos casos la infraestructura decide la política de asignación de direcciones. (Esta asignación se configura en el PC conectado al terminal TETRA).

La dirección IP puede ser estática o dinámica. El matiz sólo tiene efecto a nivel de negociación inicial de parámetros:

- Se denomina "Dirección IP estática" cuando ésta está grabada en la configuración del terminal. En el momento de la negociación de parámetros, la infraestructura acepta o rechaza la dirección IP propuesta por el terminal.
- Se denomina "Dirección IP dinámica" cuando el terminal no tiene pre-configurada ninguna dirección IP. En el momento de la negociación de parámetros, la infraestructura asigna una dirección IP al terminal basándose en el número de ISSI (Identificador de Abonado).

Como ya se ha comentado, para cada SBS es posible definir el número mínimo y el número máximo de canales reservados para datos en modo paquete (canales PDCH). El sistema permite asignar dinámicamente recursos para la transmisión de datos en función del momento de carga de tráfico de voz. De esta forma, se podrán decidir las estrategias de asignación de recursos a voz y/o datos. Es posible reservar un mínimo de recursos para tráfico de datos por paquetes (PDCH) que puede configurarse como cero.

La especificación de datos por paquetes se subdivide en la definición de los servicios proporcionados por cada una de las entidades que conforman este servicio, tanto el protocolo de capas TETRA, como la interfaz con el equipo usuario del servicio. Este servicio se basa en la norma TS 100 392-5 v1.1.1.

Durante una transmisión de Paquetes de Datos es posible interrumpirla y establecer una llamada de emergencia. El terminal TETRA es un terminal Tipo C (modo IP dual), es decir, no admite el establecimiento ni mantenimiento de llamadas de voz (excepto las llamadas de emergencia) cuando se encuentra en una transferencia de datos por paquetes, pero sí el envío y recepción de datos cortos y estados. Así mismo el terminal no admite la transferencia de datos por paquetes cuando hay una llamada de voz en curso o está estableciéndose.

Del mismo modo, el terminal TETRA propuesto no soporta la transmisión de datos por paquetes cuando hay una llamada en curso o si ésta está en la fase de establecimiento o viceversa. La transferencia de datos sólo será interrumpida por las llamadas de emergencia, tanto salientes como entrantes, según el perfil TIP para la Interacción de Servicios TIP TTR 001-012.

Con respecto a la transmisión de datos en modo multislot, incluso se puede soportar la agrupación de 2 slots para una misma transmisión de datos.

Security class	Supported Functionality
Class 1	Authentication (optional)
Class 3	Authentication (mandatory)
	Encryption DCK and CCK(mandatory)
	ESI with CCK
	OTAR

La configuración de seguridad de clase se logra mediante la configuración de las características descritas en la tabla anterior.

Clase 1: Puede o no puede tener habilitada la autenticación para la clase de protección

Clase 3: Autenticación debe estar habilitado para la clase de protección 3.

4.3.2.- Autenticación

Este servicio se puede activar o desactivar desde las pantallas de configuración de terminales de los nuevos Estados miembros, dentro de las convocatorias "derechos" de pantalla.

4.3.2.1.- Autenticación MS (mobile subscriber) iniciadas por SWMI

Se envía un desafío desde la infraestructura hasta la estación móvil durante el registro en el sistema. SWMI pide al MS la clave de autenticación almacenada, con el fin de verificarla con la clave de autenticación almacenada en la infraestructura.

4.3.2.2.- La autenticación mutua iniciada por SWMI

Se envía un desafío desde la infraestructura hasta el MS durante el registro en el sistema. SWMI pide a MS la clave de autenticación almacenada, con el fin de verificarla con la clave de autenticación almacenada en la infraestructura. Junto con la respuesta, el MS envía un reto a la infraestructura, a fin de comprobar la clave de autenticación almacenada en la infraestructura.

Además se debe configurar en el MS si el usuario desea permitir la autenticación mutua.

4.3.3.- Distribución de claves TETRA

La distribución de claves TETRA es un desafío automático enviado desde la infraestructura hasta el MS seleccionado por el usuario. Se obtiene información sobre las claves e ITSIs de los archivos definidos por el proveedor de claves.

El servicio se inicia únicamente cuando el administrador así lo requiere.

4.3.4.- Air Interface Encryption

El cifrado aire implica la encriptación de datos (la totalidad o una parte de ellos) transmitidos a través de la interfaz de aire que impidiendo el acceso a terceros no autorizados. Estos datos incluyen voz, datos en modo circuito, paquetes de datos y la información de control/señalización. No incluye la sincronización ni la información general del sistema.

Es un servicio opcional que se puede activar o desactivar desde la configuración de la infraestructura.

4.3.4.1.- AIE por DCK

El cifrado aire implica el uso de un algoritmo (estándar o de propiedad), que tiene una o más "Claves" en función de la clase de protección en vigor:

Clase de Seguridad 3:

- DCK -> Se obtiene durante el procedimiento de autenticación y es único para cada registro de abonados. Se utiliza para envíos individuales.
- CCK -> Para envíos de grupo y también encriptar las direcciones de los MS (ISSI a ESI Encrypted Subscriber Identity). El CCK es definido por el SWMI y distribuidos a los MS registrados.

4.3.4.2.- OTAR (Over The Air Re-keying)

OTAR (Over The Air Re-keying), o recodificación sobre el aire, implica el intercambio de claves a través de la interfaz aérea.

Existe un procedimiento estándar que incluye el cifrado de claves que se enviarán a los terminales, evitando así el descifrado por terceros desconocidos.

Durante la reelección celular se emplea la transmisión DCK, la cual permite hacer una reelección celular encriptada.

La funcionalidad OTAR se utiliza en los siguientes casos:

- El cambio manual de CCK instigada por el cambio de usuario del sistema responsable de la seguridad.
- Cambio automático causado por la falla del sistema interno.
- Cambio de una SBS por medio de reelección de célula.

4.3.5.- Interacción de servicios

- Reelección de célula: El proceso de reelección celular y restauración de llamada para la comunicación cifrada es totalmente compatible.
- Llamadas a telefonía: El componente de la interfaz aire (es decir, la comunicación entre la infraestructura y una terminal TETRA) de una llamada entre un terminal TETRA y telefonía se cifrará en el caso de que el terminal esté configurado para el cifrado.
- Autenticación: La encriptación no está permitida (de seguridad de clase 3) si la autenticación no está habilitada.
- Paquetes de datos: El servicio de envío de Paquetes de datos funciona correctamente cuando la encriptación está habilitada.
- LSC (Modo fall-back): El modo fall-back siempre vuelve a la clase de protección 1 (Class 1)
- CNC redundante: La funcionalidad de cifrado no se ve afectada y funciona correctamente cuando el sistema está controlado por un CNC redundante.
- Line dispatcher: El despachador de línea ofrece todas las funciones con los terminales habilitados para el cifrado, así como aquellas que no lo hacen.

4.3.6.- Algoritmo de cifrado TETRA KSG (Key Stream Generator)

El estándar TETRA permite el uso de tipos diferentes de algoritmos cuyo uso depende del país en el que el sistema funcione.

Algoritmos compatibles son: TEA1, TEA2 y TEA3.

El estándar soporta cuatro algoritmos de cifrado aire (TEA's), que son TEA1, TEA2, TEA3 y TEA4. Presentándose diferencias entre el uso de estos cuatro algoritmos. Así, por ejemplo, el TEA1 es usado para la seguridad pública en algunas ciudades de Europa, mientras los otros son usados en comercio general y seguridad pública.

4.3.7.- Capacidad de servicios mixtos

Los servicios mixtos logran que una SWMI permita la comunicación entre un MS con encriptación aire y otro que no disponga de encriptación.

Individuales:

- Un MS de Clase 1 será capaz de realizar llamadas y enviar mensajes cortos de datos SDS o de estado Status a un MS de Clase. En este caso las llamadas y los mensajes serán en clear mode (sin encriptación).
- Un MS de Clase 3 MS podrán hacer llamadas y enviar mensajes de datos de estado a un MS de Clase 1. En este caso las llamadas y los mensajes también serán en clear mode.

Grupos:

- Un MS de Clase 1 será capaz de realizar llamadas y enviar mensajes cortos de datos o de estado a grupos "clear" (sin encriptación). Las llamadas y mensajes siempre estará en modo claro y otros MS de Clase 1 y/o Clase 3 serán capaces de unirse a la llamada o recibir los mensajes.
- Un MS de Clase 3 podrá hacer llamadas y enviar mensajes cortos de datos o de estado en modo "clear" o encriptado a grupos. Si las llamadas o los mensajes son hacia un grupo en modo claro, esa llamada o mensaje será en modo claro cualquier otro equipo de Clase 1 y/o Clase 3 podrán unirse a la llamada o recibir el mensaje. Por el contrario, si la llamada o mensajes es hacia un grupo "cifrado", esa llamada o mensaje será en modo encriptado y sólo otro MS de clase 3 podrá unirse a esa llamada o recibir el mensaje.

4.3.8. E2EE (End to end encryption) Cifrado Extremo a Extremo.

El cifrado extremo a extremo permite que los datos que los usuarios intercambian entre dos terminales estén protegidos no sólo en la interfaz aire expuesta, sino también a

medida que viaja dentro de la infraestructura de red. Esto se hace mediante la encriptación de los datos dentro del terminal transmisor, que sólo se pueden descifrar dentro del terminal receptor(es).

Las llamadas con encriptación extremo a extremo entre un terminal y un teléfono también están soportadas. Para tal fin será necesaria la colocación de un Gateway RDSI con encriptación habilitada.

4.4.- Firewall

La totalidad de sistemas TETRA usa un firewall hardware, tanto en el SCN como elemento obligatorio de seguridad o en cualquiera de los extremos de la red, permitiendo o denegando comunicaciones entre el nodo y las redes externas.

Dependiendo de la cantidad de tráfico que tenga que filtrar y el número de estaciones que soporte, hay varias configuraciones disponibles. A continuación se muestran los tipos de red en los que debe usarse uno u otro modelo:

- Firewall-STD :

Hasta 16 SBS
Hasta 50 Licencias N2A

- Firewall-PRO:

> 16 SBS
> 50 Licencias N2A
Redundancia Firewall (Firewall-PRO + Firewall-PRO Redundante)
Licencia de Mantenimiento por VPN

Las principales funciones con respecto al tráfico que gestiona el firewall son:

- Evitar cualquier acceso no permitido al sistema, situándose entre la red y una red corporativa.
- Permitir o denegar distintos tipos de servicio (ICMP, UDP, SNMP...)
- Crear una conexión VPN mediante “tunnelling”.

- Conversiones de IP mediante NAT.
- Enrutamiento de los paquetes hacia las zonas.
- Router PDP
- Permitir el uso de aplicaciones N2A desarrolladas por el usuario, con conexiones remotas tipo PEI, por ejemplo.

Es habitual que existan redes con redundancia de Firewall. En ese caso se debe gestionar muy bien la transición entre el Firewall Principal y el Firewall Redundante, de modo que la comunicación entre las partes no se vea interrumpida por un tiempo prolongado durante el proceso pero tampoco se comprometa la seguridad de la red.

En caso de caída del Firewall Principal o de alguno de sus interfaces, el Firewall Redundante se hará cargo de la conectividad del sistema con el exterior. Los sockets abiertos desde el exterior contra elementos internos a la infraestructura pueden llegar a cerrarse, en cualquier caso, durante la transición de un Firewall al otro se producirá una pérdida de conexión con el exterior durante unos pocos segundos.

Cuando el Firewall Principal vuelva a operar correctamente el Firewall Redundante le cederá el control y tendrá lugar una nueva transición con su correspondiente breve corte.

5.- EQUIPOS TETRA

5.1.- Descripción de los equipos

5.2.- Tipología de terminales

5.2.1.- Terminal portátil HTT-500

5.2.1.1.- Accesorios

5.2.2.- Terminal móvil MDT-400

5.2.2.1.- Accesorios

5.2.3.- Terminal de despacho DT-410

5.3.- Unidad de control remota para equipos móviles

5.3.1.- Embarcaciones

5.3.2.- Motocicletas

5.4.- Subsistemas en equipos embarcados

5.4.1.- Autobuses

5.4.2.- Metro ligero

5.4.3.- Metro pesado

5.4.4.- SAE

5.4.4.1.- La red de comunicaciones

5.4.4.2.- El proyecto de migración

5.4.5.- Estación móvil







5.2.1.-Terminal portátil HTT-500

Sirva como ejemplo de terminal portátil el equipo TETRA HTT-500 de Teltronic. Éste es un equipo de última generación que cuenta con una gran autonomía y robustez. Esto le convierte en un equipo ideal para trabajar en ambientes con las más duras condiciones de utilización.

Su principal ventaja frente a la competencia es su potencia de emisión RF, de 3W, frente a 1W que ofrecen la mayoría de fabricantes. Este hecho le confiere una cobertura superior, algo de vital importancia en entornos con dificultad de recepción de señal o comprometidos por la orografía.

El portátil HTT-500 proporciona al usuario funcionalidades PMR, telefonía y servicios de datos en un mismo equipo. Ha sido diseñado para satisfacer las mayores exigencias de los usuarios PMR, incluyendo protección IP54, 3W de potencia RF, 1W de potencia de audio y la posibilidad de un amplio rango de temperaturas de operación y una gran autonomía (hasta 18 horas en ciclos de trabajo 5/5/90).

A continuación se da una descripción detallada de las funcionalidades del equipo portátil ofrecidas por el fabricante:

Los terminales portátiles TETRA HTT-500 disponen de cuatro teclas de navegación. El uso tanto de los menús como de las teclas de navegación es rápido, sencillo e intuitivo.






Dos de las teclas de navegación están controladas por el contexto software, así como la existencia de botones programables para funciones específicas.

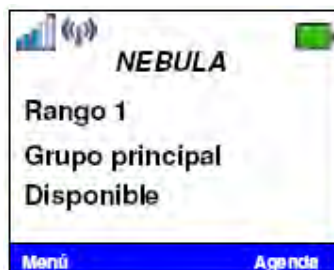
El teclado de los equipos dispone de teclas de colgado y descolgado fácilmente accesibles para la recepción y finalización de llamadas telefónicas e individuales en modo full-duplex.

Las especificaciones técnicas de los terminales TETRA HTT-500 se detallan a continuación:

- Peso: 350 gr.
- Volumen: 144.2 x 59 x 37 mm.
- Duración de la batería: > 18 horas ciclo 5/5/90 y 12.8 horas ciclo 5/35/60 (fabricada con polímero de Litio, de 1800mAh)
- Rango de temperaturas de operación: de -30°C a +60°C
- Potencia RF: 3W
- Potencia de audio: 1W
- Sensibilidades estática y dinámica: -112 dBm y -103 dBm
- Humedad relativa máxima de operación: 98% a +25°C y de 95% a +60°C

Indicaciones en el HTT-500

Icono HTT-500	Función
 Bateria vacía parpadeando	Bateria agotada.
 Bateria baja parpadeando en rojo	Estado muy bajo de carga.
 Bateria media parpadeando en amarillo	Estado bajo / medio de carga.
 Bateria llena parpadeando en verde	Estado alto de carga.
 Bateria llena en verde fijo	Carga completa.









El equipo móvil cumple la especificación de protección contra la entrada de polvo y lluvia IP54.

El equipo está preparado para alimentarse de baterías de 12 V con negativo a masa. En caso de aquellos vehículos en los que no hay disponible esta alimentación (camiones, autobuses,...) se utilizará un conversor DC-DC con aislamiento galvánico, habitualmente de 24V.

Los requisitos técnicos de los equipos móviles TETRA MDT-400 se detallan a continuación:

- Rango de temperaturas de operación: de -20°C a +55°C
- Potencia RF: 10W (y 3W para rango de 806-870 MHz)
- Potencia de audio: 5W
- Sensibilidades estática y dinámica: -112 dBm y -103 dBm
- Rango de humedad: de 5 a 95%
- Pantalla: display de matriz de puntos de 128 × 64 bicolor

La configuración y operativa para el cambio de grupos, estrategia de agrupamiento, listados, búsquedas y ayuda en la selección de grupo es sencilla y flexible. Los grupos están organizados en rangos o carpetas. Cada rango (hasta un máximo de 35) podrá tener varios grupos (hasta 30 grupos), y su distribución se hace por programación. Existen modos de gestión de grupos: único o múltiple. El modo de grupo único permite recibir llamadas del grupo que se tenga seleccionado, y el modo de grupo múltiple permite recibir llamadas de todos los grupos que el equipo tenga activos, no sólo del seleccionado.

El equipo móvil de Teltronic permite la programación de un código de acceso (PIN) y de un código de identificación (ISSI). La petición de código PIN puede ser habilitada y en este caso el equipo solicitará un código de 4 dígitos (ocultos por asteriscos por seguridad).

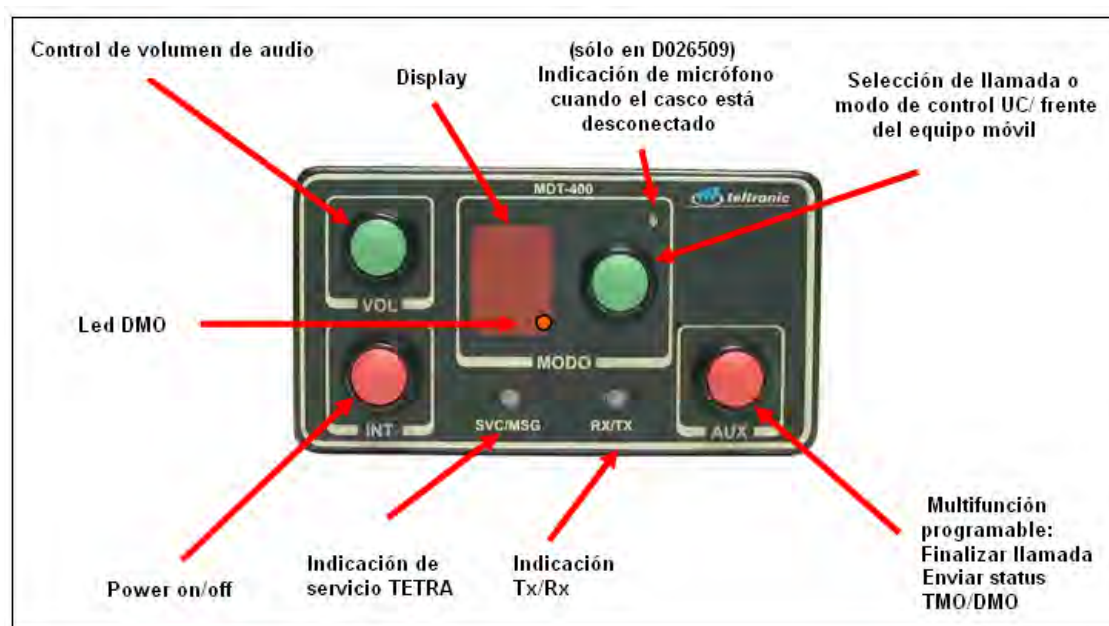
Las dimensiones del MDT-400 son las adecuadas para su fácil instalación en salpicaderos convencionales. Las dimensiones del transceptor radio son de 177 x 163 x 47,5 mm. y las dimensiones del transceptor radio incluyendo el frente de control son de 195 x 163 x 61 mm.

5.2.2.1.- Accesorios

El siguiente listado muestra los accesorios disponibles para el equipo móvil TETRA MDT-400, los cuales serán valorados unitariamente dentro de la oferta.







Por norma general, la funcionalidad de las unidades de control está limitada a un uso concreto, y en éstas se pueden programar hasta 16 llamadas pre-definidas o mensajes de estado. Mientras la UC controla el equipo móvil (controlado a través de PEI), dependiendo de la selección hecha por el usuario, la pantalla muestra un carácter diferente o enciende un led para dar información de que se está manipulando remotamente.

En la UC, el número de llamadas de grupo está limitado a 10. El resto (hasta 16) pueden ser llamadas privadas o mensajes de estado.

En cualquier momento se puede tomar el control desde la UC o desde el frontal del equipo móvil por los usuarios de los equipos. La pantalla de la UC muestra tres barras horizontales mientras que el control de la radio es tomada por el panel frontal del dispositivo móvil (controlado por Man-Machine-Interface MMI)

Actualmente hay disponibles varios modelos de unidades de control, dependiendo del tipo de mercado al que se quiera suministrar.

5.3.1.- Unidad de control remota para embarcaciones.

- La unidad de control CUV D026543 de Teltronic ha sido diseñada para usos generales. Por ejemplo, situada en la parte trasera de una lancha patrullera del cuerpo policial. La CU está diseñada para conectar un micrófono de mano con el conector adecuado además de un repetidor.

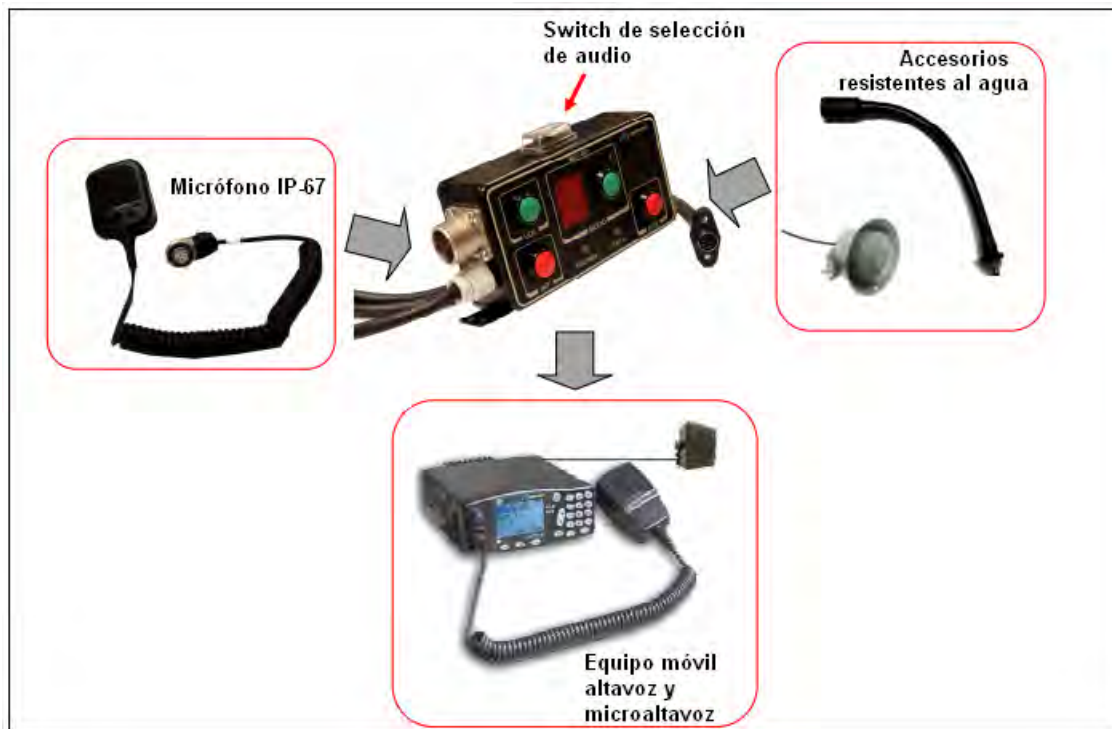
También se le puede conectar un micrófono de mano con protección IP-67 (no olvidemos que los accesorios también requieren de una protección adicional contra el agua, debe ser 100% estanco)

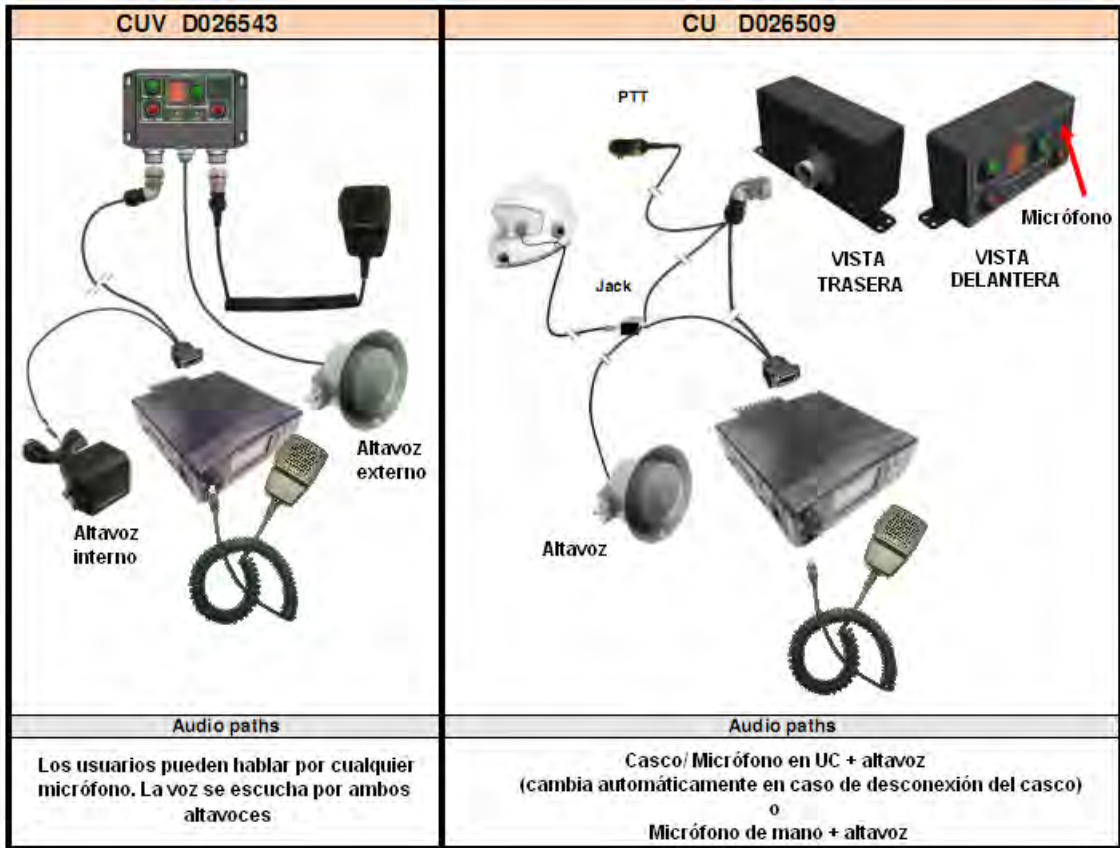
La radio, que será colocada en la cabina, puede ser operada de este modo desde el panel frontal por el conductor.

En el micrófono de mano conectado a la UC, tanto el botón PTT (Push To Talk) como la botonera auxiliar tienen funciones de PTT. De este modo se facilita el acceso al usuario a la comunicación, siendo menos restrictivo que en equipos convencionales. También hay que remarcar que esta entrada de micrófono es un poco menos sensible que la entrada en la parte frontal del terminal, precisamente para evitar la captura de los ruidos ambiente al aire libre. Además, para asegurar una decodificación correcta del señal de audio en la cabina, los altavoces conectados a la CU deben tener una impedancia mínima de 8 Ω , nunca inferior.

Evidentemente, si el equipo móvil debe ser instalado a petición del cliente en alguna zona desprotegida por el carenado de la moto o la cubierta del barco, éste debe ser suministrado con caja que cumpla con el estándar de protección IP-67, y además permita ser abierta para opciones de mantenimiento del equipo radio.







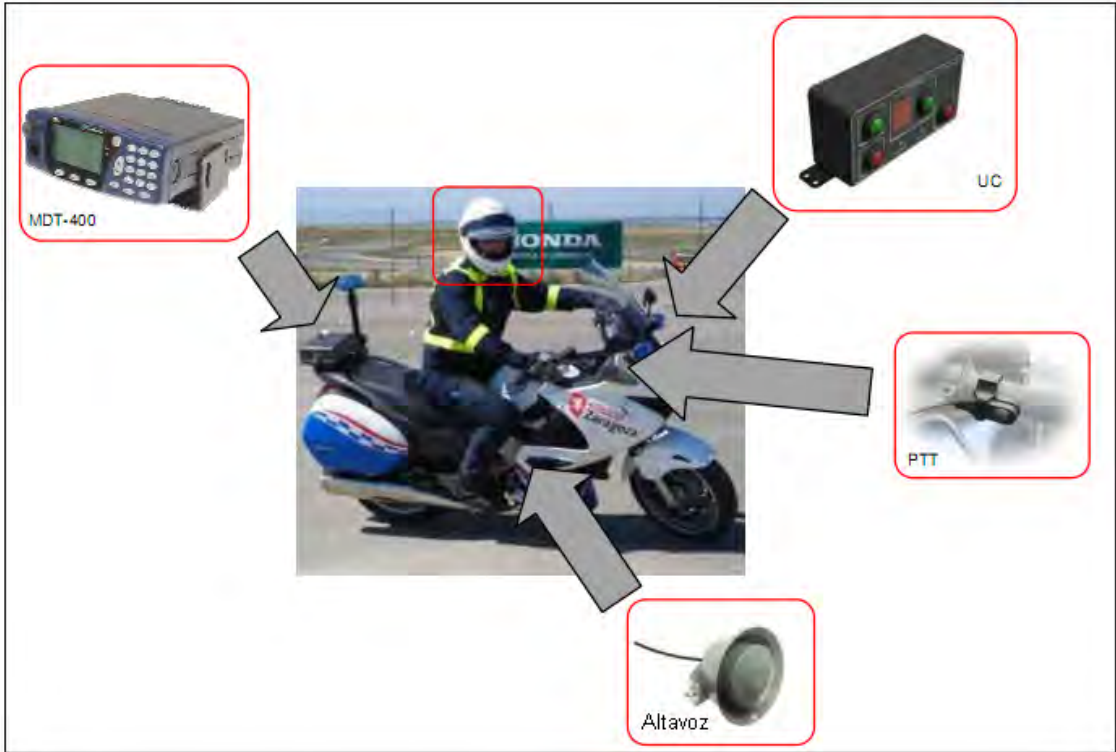




Diagrama general sistema autobuses

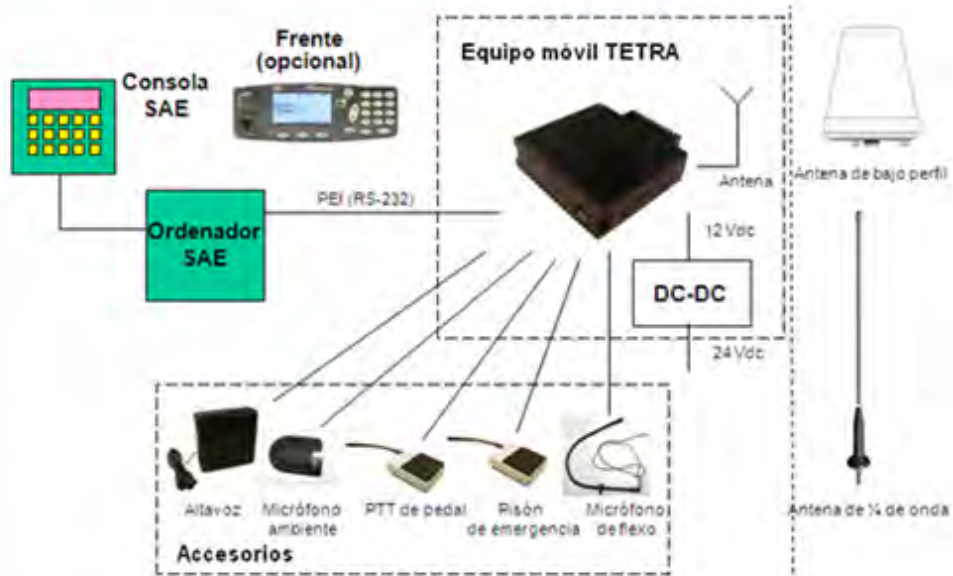


Diagrama general sistema autobuses (Solución rack compacto)

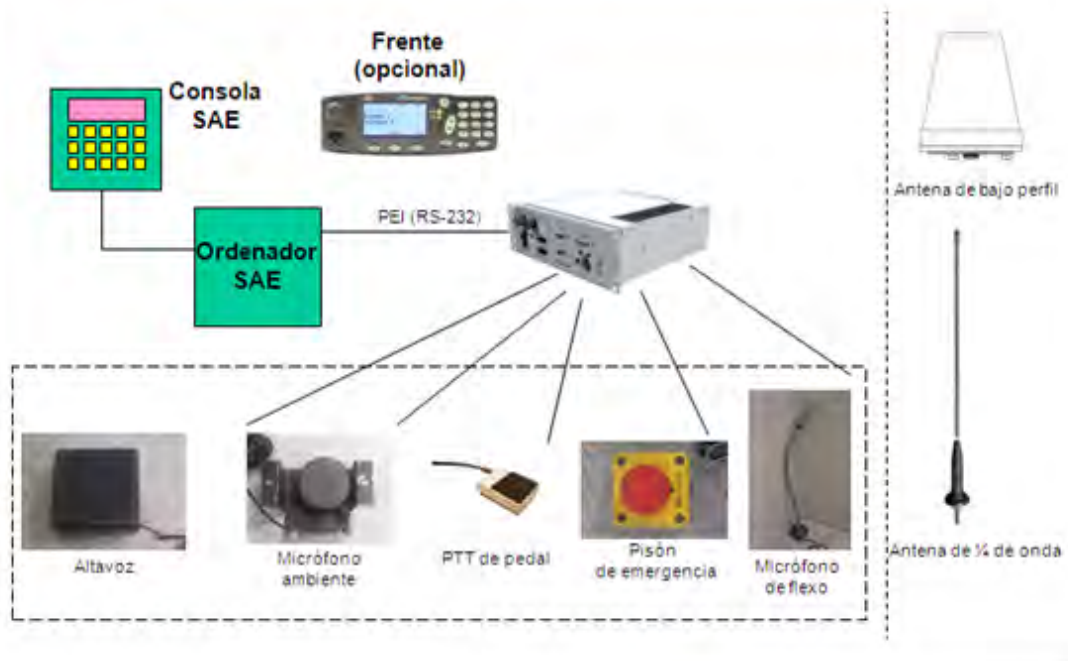


Diagrama general sistema Metro Ligerio

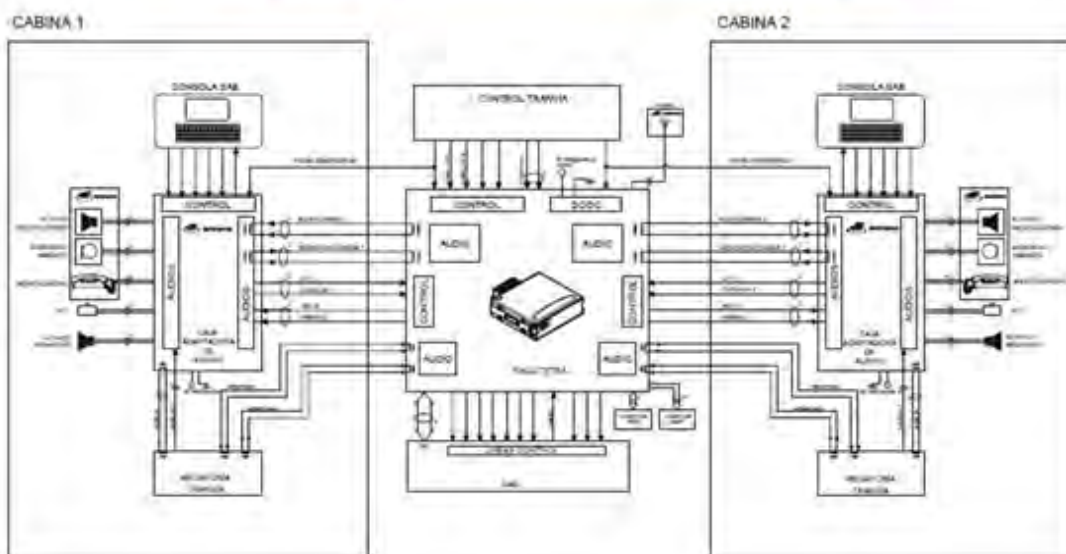
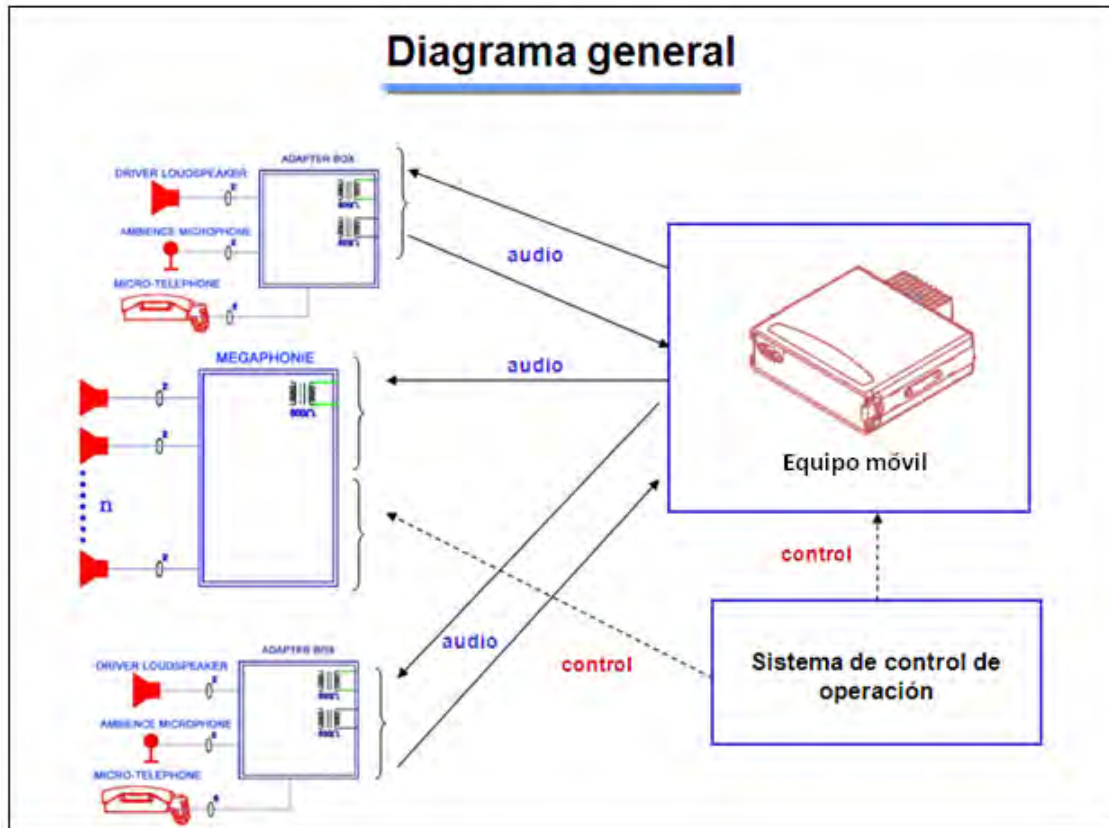
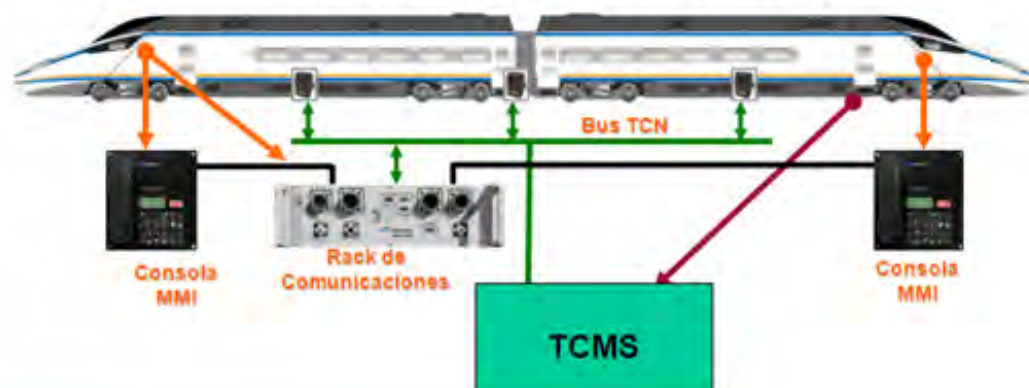


Diagrama general



Sistemas : Configuración 1

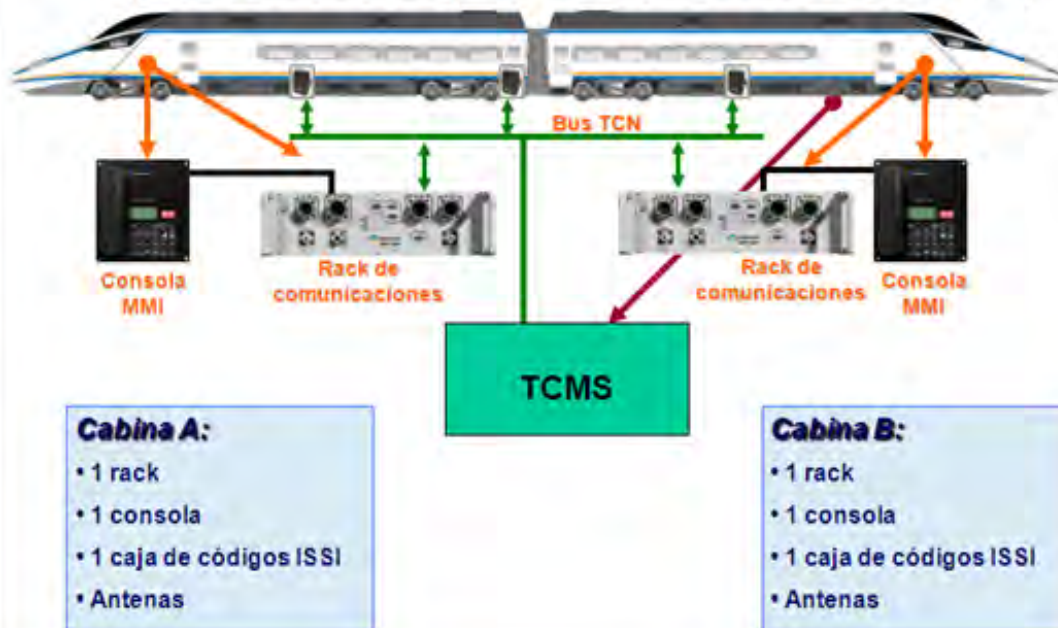
(Un rack con dos consolas)



- 1 rack (Cabina A)
- 2 consolas (Cabinas A y B)
- 1 caja de códigos ISSI (Cabinas A)
- Antenas

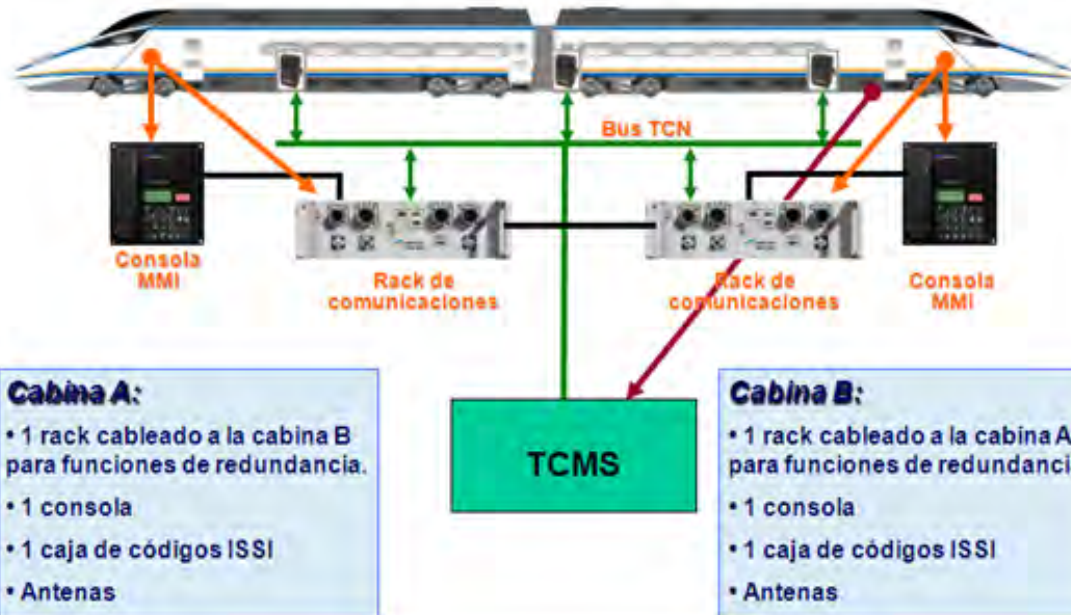
Sistemas : Configuración 2

(Dos racks independientes sin redundancia)

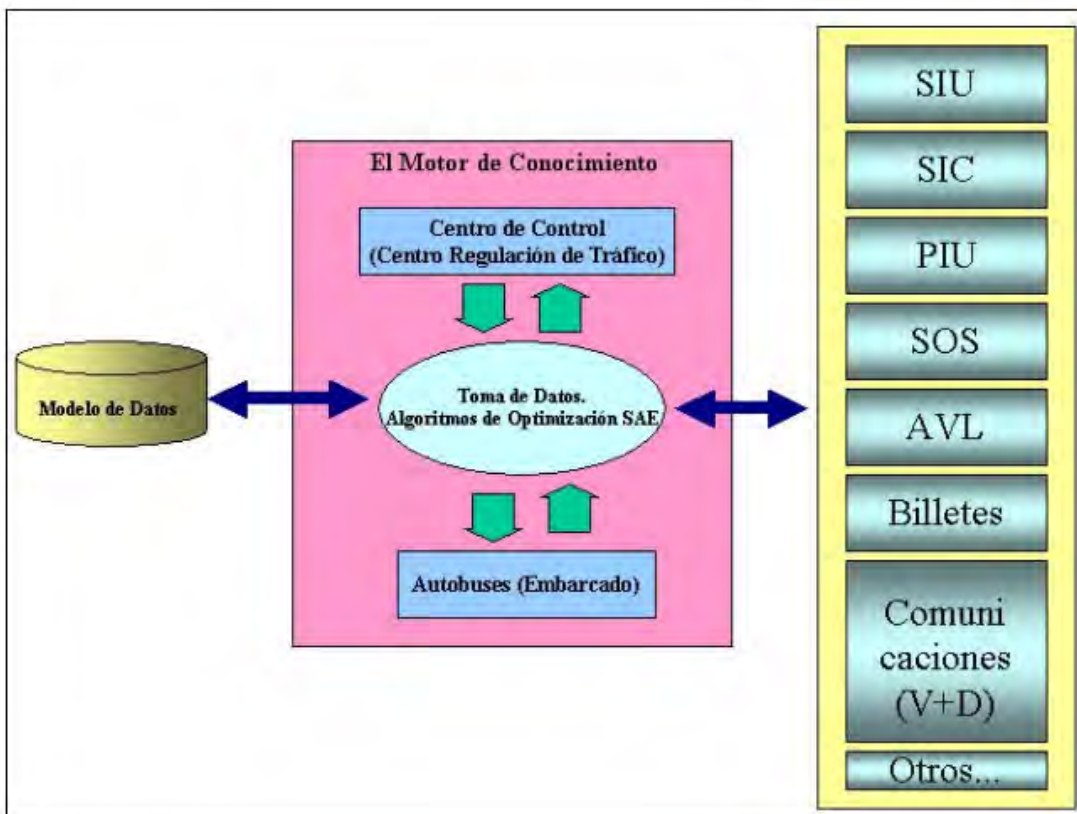


Sistemas : Configuración 3

(Dos racks con redundancia)











Como punto a destacar, el fabricante Teltronic por primera vez llevaba a cabo la integración del mecanismo optimizado de datos AVL (Automatic Vehicle Location) de la infraestructura NEBULA con el software del modelo de negocio SAE. Esta solución permite la adquisición de datos (20 Bytes por autobús) a un ritmo de hasta 24 autobuses por segundo y por estación base.

También es importante mencionar que los aplicativos desarrollados no trabajan únicamente con los servicios de datos sino que integran las comunicaciones de voz también. En el centro de control la integración es mediante VoIP. La integración de datos en el centro se hace mediante mensajería XML que resuelve la interfaz con la infraestructura TETRA. En el equipo embarcado, es decir, en la cabina del autobús, se emplean comandos AT para atacar el PEI (Peripheral Equipment Interface) del terminal radio.

En la red no sólo trabajan los autobuses SAE, sino también los terminales portátiles y los autobuses equipados únicamente con terminales móviles de diversos fabricantes. Se debe tener presente que la interoperabilidad entre fabricantes TETRA es compleja y es uno de los riesgos de este enfoque.

Actualmente, la red TETRA está implantada y plenamente operativa. Los aplicativos del centro y de abordó están desarrollados y validados, todo el interfuncionamiento está verificado y ya hay más de 100 autobuses SAE funcionando en la nueva situación. La migración de flota continúa a un ritmo de dos autobuses por día.

Para dar solución a todo esto se están utilizando tecnologías, plataformas, protocolos y métodos pioneros en el entorno de las radiocomunicaciones digitales.

Además de estos aspectos, también han sido importantes la rentabilidad y retorno de la inversión (a corto, medio y largo plazo), tiempo de obsolescencia de las plataformas escogidas, robustez, modularidad, compatibilidad con otros subsistemas, facilidad de mantenimiento, facilidad de actualizaciones futuras y reutilización de productos ya existentes.

5.4.5.- Estación base móvil

En ocasiones es necesario que la filosofía de la infraestructura TETRA sea dinámica, es decir, que proporcione un servicio de red que va cambiando en el espacio. Es el caso de los sistemas de comunicaciones en un conflicto bélico, en los cuales es evidente que la infraestructura no puede ser fija, sino móvil.

Para estos casos especiales y dando un servicio que no existía en el mercado se creó la Estación Base Móvil. Para ser totalmente autosuficiente, esta unidad está dotada con un grupo electrógeno, depósito de gasoil y cuadro eléctrico de protección. Dispone de dos portones abatibles traseros para acceso al cableado de los equipos, y dos puertas laterales para acceso al puesto de control y al habitáculo del grupo electrógeno y mástil.

En la estación base móvil de la figura inferior se implanta una estación base de 2 portadoras, que puede funcionar de forma autónoma gracias al modo degradado ó “Fall-back” que aporta el LSC o bien interconectada con el resto del sistema TETRA, para lo cual se incluye un enlace WIMAX o se podría utilizar un cliente específico de la red de Inalámbrica que despliegue el cliente localmente. Con esta estación base móvil se puede dotar de cobertura inmediata en situaciones que así lo requieran (emergencias, catástrofes,...), o bien para ofrecer una mayor capacidad de tráfico.

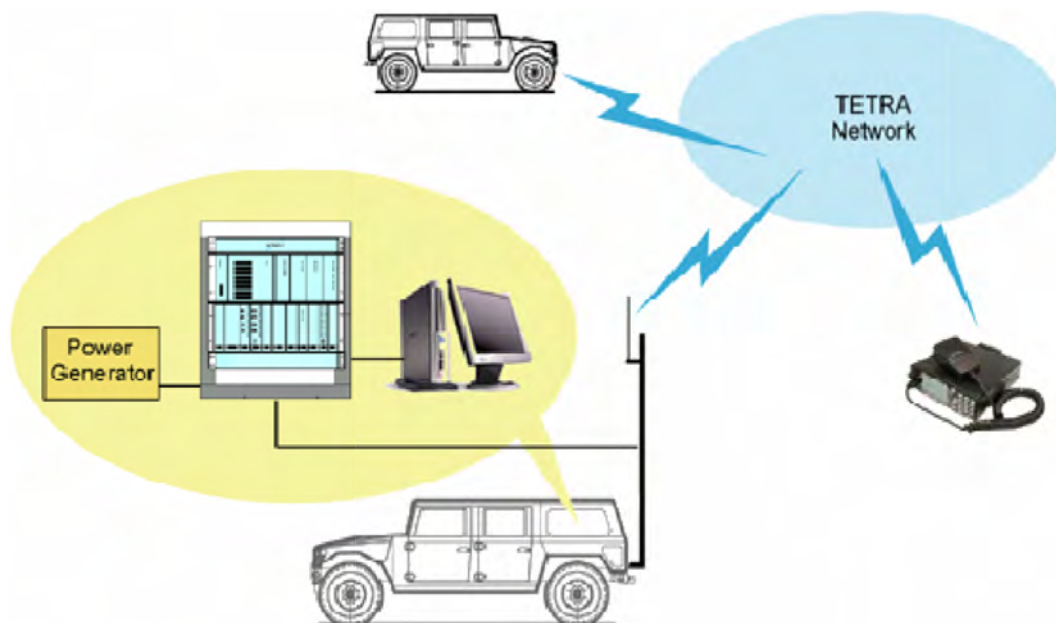
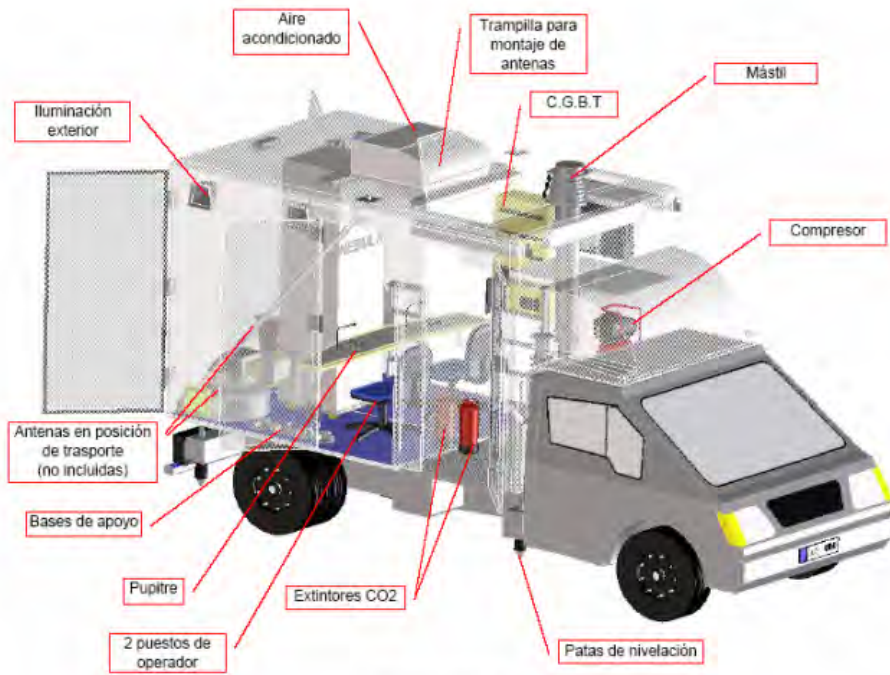


Figura 5.34. Estación Base Móvil montada sobre vehículo militar. Ref[16]



Modelo en 3D replegada.

6. CENTROS DE CONTROL

6.1.- Centro de mando y control de las comunicaciones. Gestión operativa

6.2.- Características principales

6.3.- Aplicación de localización GIS

6.3.1.- Capacidad de memoria

6.3.2.- Parametrizaciones

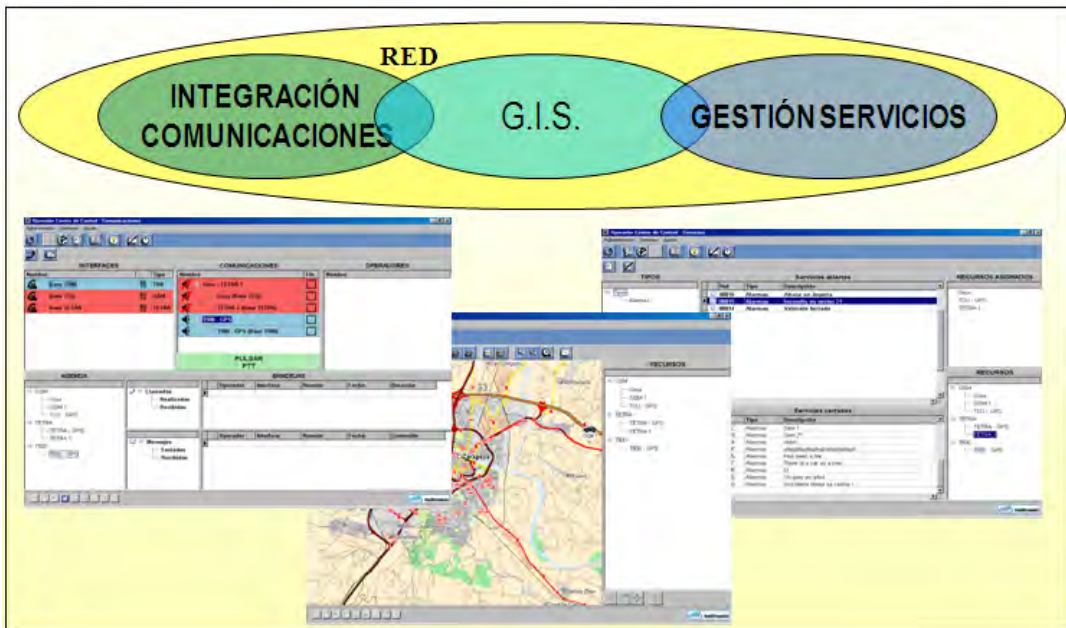
6.3.3.- Polling

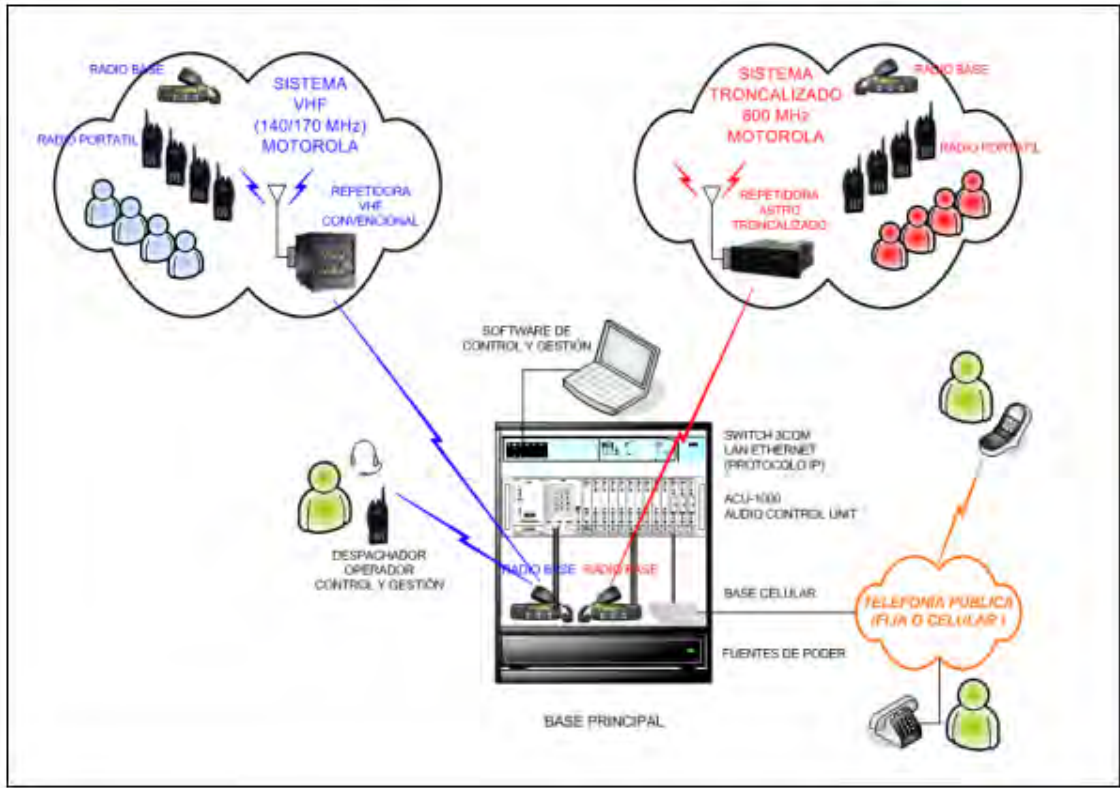
6.3.4.- Usuarios

6.4.- Servidor WEB

6.5.- Históricos

6.6.- Interconexión con otras redes







6.2.- Características principales

La figura del Centro de Control está orientada a la gestión e integración de redes de radiocomunicación y su integración con otros medios de comunicación (ISDN, GSM...). Los puntos que hacen que un Centro de Control sea una herramienta indispensable en cuanto a la gestión de la red de comunicaciones TETRA son:

Fiabilidad del sistema: se trata de una herramienta de la que se requiere agilidad y seguridad en las acciones tomadas.

Flexibilidad del sistema: debe ser un sistema modular, adaptable a las necesidades de cada cliente, y que permita efectuar ampliaciones sin repercutir notablemente en la operativa del sistema.

Adaptabilidad del sistema: se consigue gracias al desarrollo de herramientas específicas para este tipo de producto y al trabajo desarrollado durante los años de evolución de los sistemas de gestión y control.

El Centro de Control aporta todas las características y funcionalidades de los sistemas profesionales especialmente diseñados para grandes centros, siendo sus principales características las siguientes:

Modular: Permite adaptarse a las distintas necesidades del usuario, facilitando además las funciones de gestión y mantenimiento.

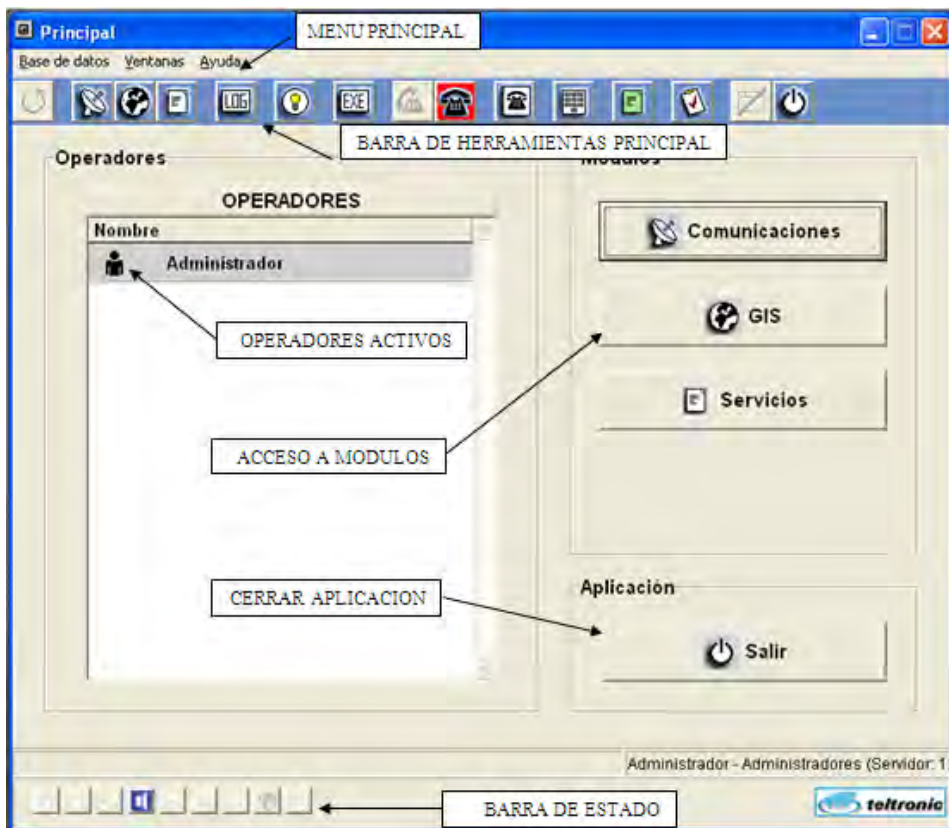
Ampliable: El sistema debe admitir crecer de acuerdo a los requisitos del centro, tanto en funcionalidad, agregando nuevos módulos software, como en capacidad aumentando el número de puestos de operador e interfaces de comunicaciones.

Configurable: Desde sus herramientas de gestión y administración se debe poder configurar para distintos modos de funcionamiento dependiendo de las necesidades de cada cliente.

Abierto: El Centro de Control debe haber sido diseñado con componentes ampliamente comercializados y de estructuras estándares.

Conectividad: Dado que el sistema se basa en una arquitectura cliente-servidor sobre el estándar TCP/IP de comunicaciones, se consigue una conectividad total con la mayoría de plataformas de trabajo existentes en el mercado.

Fiabilidad: El Centro de Control debe disponer de un funcionamiento en modo degradado que permita la continuidad de las comunicaciones en caso de caída del sistema informático. Para ello el debe contar con un modo degradado de la matriz de conmutación, consistente en que cuando las líneas RDSI de la matriz de conmutación pasan a modo degradado, la PABX detecte esta situación, efectuando los desvíos oportunos a extensiones telefónicas de sobremesa.



Una herramienta ágil e intuitiva de gestión y tramitación de sucesos, denominada Módulo de servicios. Mediante ella el operador conoce en todo momento el estado de los diferentes sucesos y la progresión hacia su resolución, por ejemplo, la asignación de recursos, el desplazamiento, la llegada al lugar de atención y su finalización son datos que se registran en el sistema para un posterior análisis de realidades frente a los objetivos del centro.

Una herramienta de G.I.S. (Sistema de información geográfica) que permite al operador conocer en todo momento la ubicación geográfica de los recursos y de los sucesos que deben ser tramitados, consiguiendo así una tramitación eficiente y una correcta gestión de los recursos: Por ejemplo, la localización por callejero del suceso, el envío de los recursos más cercanos, o la visibilidad de su disponibilidad.

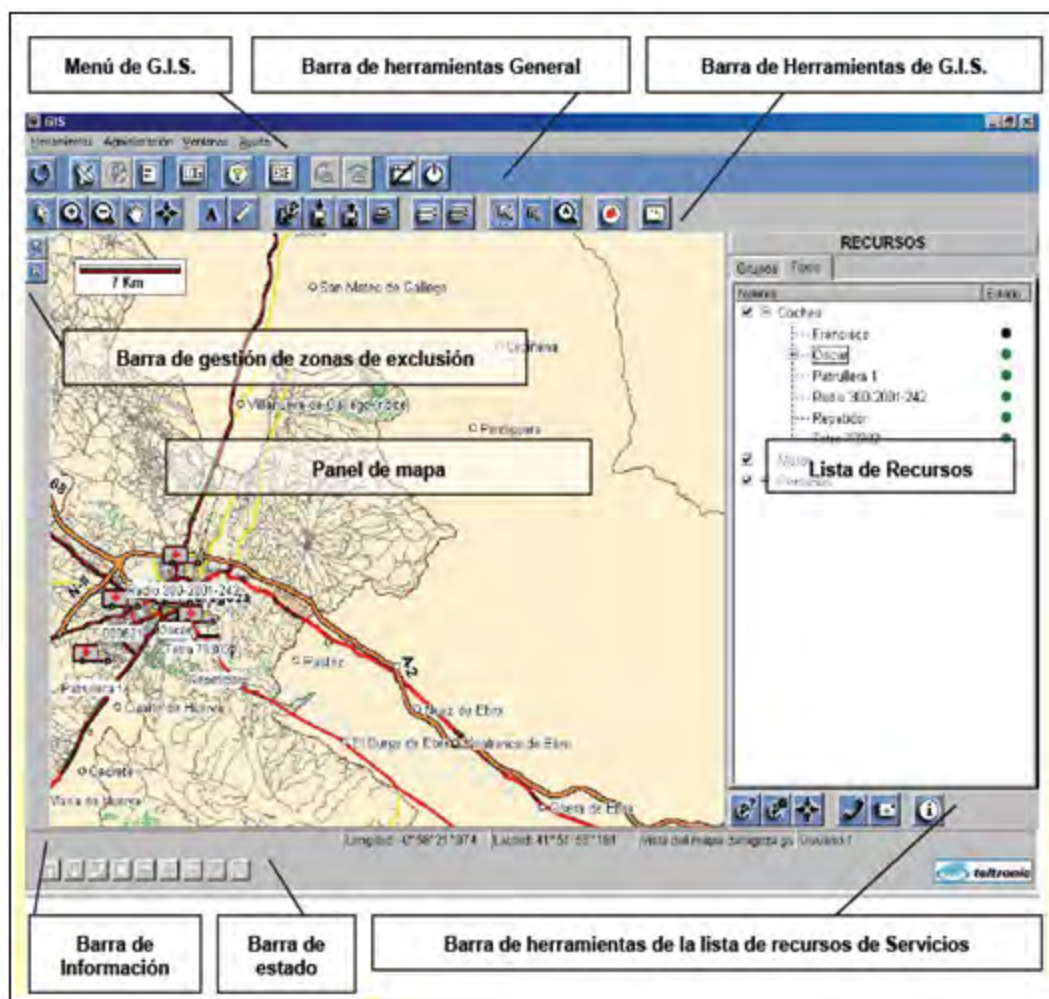
Una herramienta de comunicaciones que permite compartir diferentes medios de comunicación entre los operadores así como integrarlos. Con la disposición de una única emisora, cualquier operador puede utilizarla sin moverse de su sitio, integrar una comunicación de telefonía con una comunicación radio, incluso pueden disponerse puestos de operador en salas de crisis para disponer en ellas de todo el sistema (Servicios, G.I.S. y medios de comunicación) simplemente conectando un ordenador de operador a la red informática.

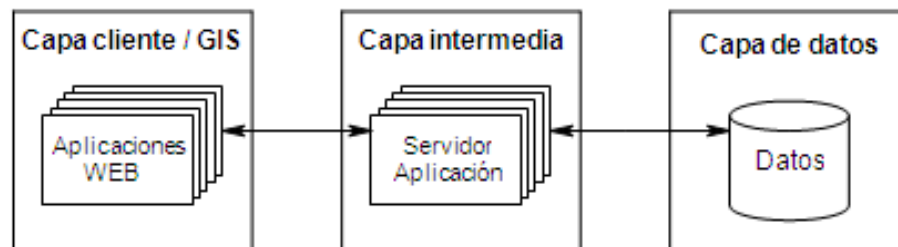
Pero la estrella del sistema de Teltronic no es cada uno de éstos módulos sino el conjunto de ellos integrados en un único sistema. Y cuando se habla de integración de los módulos se refiere a que éstos se convierten en un único sistema en el que desde el mapa, se puede realizar una llamada a un recurso, o bien se puede abrir la ficha de expediente de un servicio o multitud de acciones que no quedan aisladas entre los módulos.

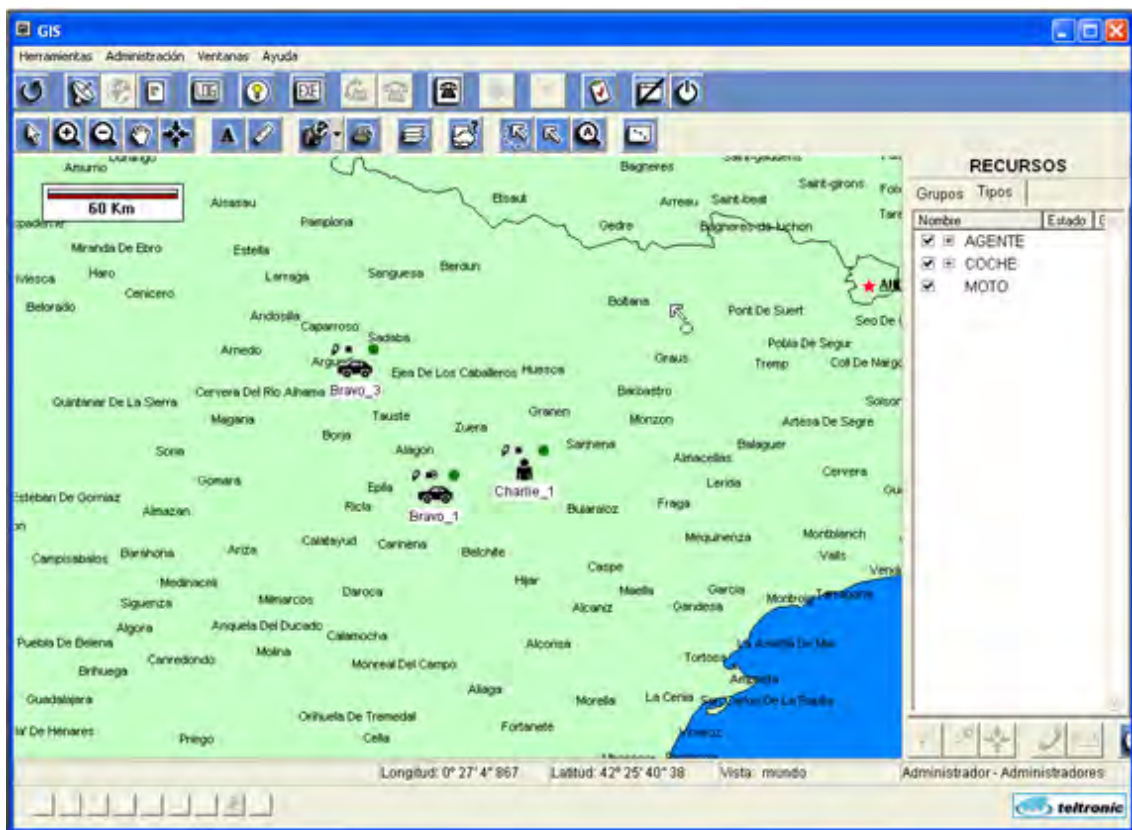
A pesar de estar integrados entre sí, los módulos software funcionan de manera independiente, pudiéndose instalar simultáneamente, o en diferentes etapas. Así por ejemplo y dependiendo del presupuesto inicial en el despliegue de la red TETRA se puede contemplar la implantación del módulo de Comunicaciones y el módulo GIS en una primera fase mientras que el módulo de Servicios podría implantarse en un futuro.

6.3.- Aplicación de localización GIS

Uno de los alicientes de la implantación de un Centro de Control en un sistema de comunicaciones TETRA es el sistema de localización de vehículos o en general de terminales TETRA con dispositivo GPS. La aplicación ha sido desarrollada para que se integre de forma total con los sistemas actuales de los distintos fabricantes, usando el protocolo LIP para posicionamiento GPS.







De esta forma se simplifica mucho la búsqueda de recursos, algo muy necesario en un servicio de urgencia por ejemplo, dónde el operador debe mandar una de las unidades en servicio a un lugar dónde se requiere su presencia.

Podemos apreciar en la figura que podemos conocer casi al instante la posición exacta de los recursos dentro de una zona determinada.

6.3.4.- Usuarios

La incorporación de nuevos clientes a la red es totalmente transparente. Al nuevo cliente tan solo se le deberá proporcionar una dirección de Internet y su usuario / contraseña y según sus terminales de vayan registrando en la red podrá empezar a gestionarlos.

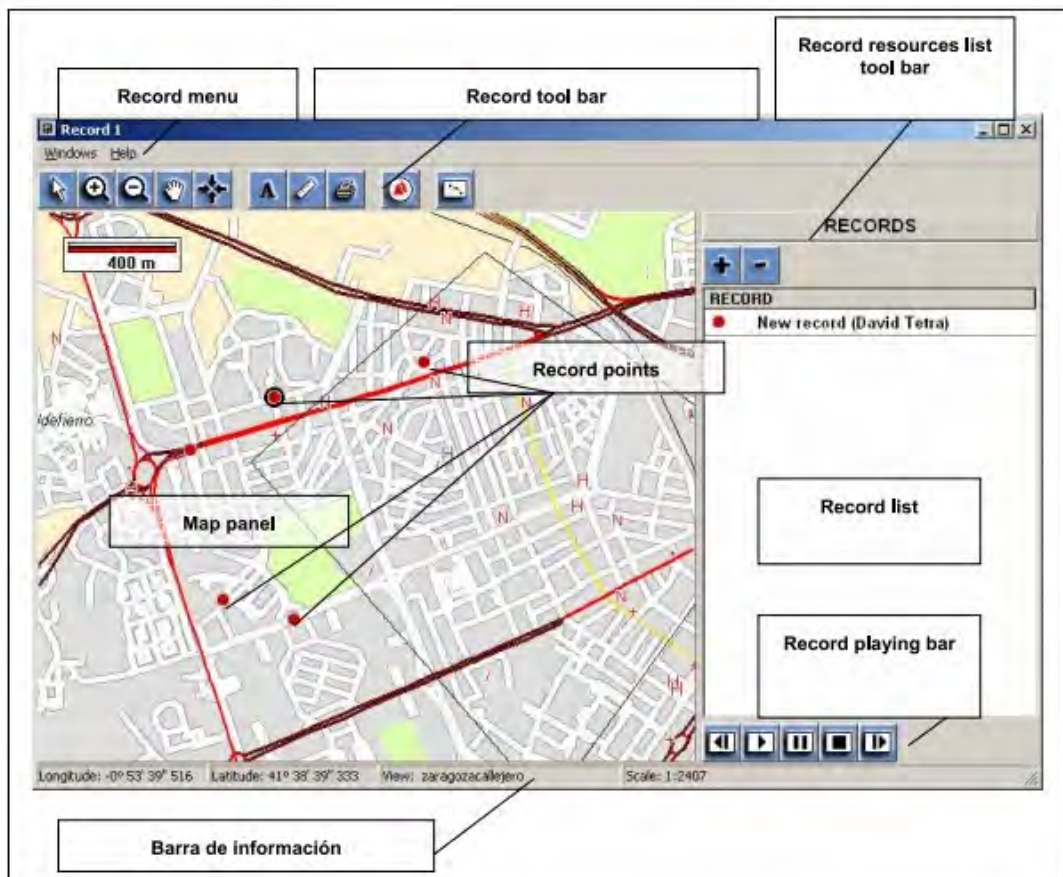
6.4.- Servidor WEB

Se trata de un acceso WEB a la información cartográfica del servicio y no solo en modo consulta sino también en modo edición, permitiendo a los clientes autorizados dar de alta elementos ó modificar la existente.

La aplicación permite la gestión de múltiples clientes, cada uno de los cuales con flotas de diferente naturaleza y cualquier número de terminales. La herramienta permite operar sobre todos los terminales de la red, así como realizar todas las operaciones y parametrizaciones requeridas para cada terminal independientemente, grupo, flota y jerarquías de flotas que se establezcan en la red.

Al nuevo cliente tan solo se le deberá proporcionar una dirección de Internet o Intranet y su usuario / contraseña.

Es una aplicación de localización de terminales que permite un abanico personalizable de fondos cartográficos, pudiendo llegar a mezclar informaciones de diferentes orígenes para crear un único fondo. La aplicación permite la personalización a los clientes autorizados. La cartografía no es estática, sino dinámica. No es una cartografía raster (imágenes fijas) sino una cartografía vectorial.



También seremos capaces de etiquetar independientemente a cada recurso del mapa de posicionamiento, para distinguir a las diferentes patrullas o componentes de las mismas, por ejemplo.

Muy importante a la hora de establecer una prioridad de envío a los diferentes integrantes de la red de emergencia es el medidor de distancias. El sistema está dotado de un medidor sobre el mapa en tiempo real, y a la vez graba cualquier medida que tomemos para poder reproducirla con posterioridad.

El localizador de recursos, ya sea mediante el nombre del equipo, la extensión, o la proximidad a un punto del mapa, también es posible en el apartado de históricos. Además, la frecuencia con la que el sistema almacena la posición de cada unidad es configurable, para evitar la sobrecarga del sistema de gestión de recursos.

6.6.- Interconexión con otras redes

Como comentábamos en el inicio, la implantación de un Centro de Control supone una muy buena oportunidad de dar salida a la interconexión de redes ya existentes en el sistema y permitir la interacción con la nueva infraestructura, así como disfrutar de la explotación de las nuevas posibilidades que el centro de control le proporciona.

El Centro de Control como herramienta para la interconexión con otras redes existentes y/o como método de migración al nuevo sistema trunking digital TETRA es una de las principales razones del traslado a la nueva tecnología en un gran número de proyectos. Este Centro de Control se compone de un servidor y de varios operadores que integran las comunicaciones de diferentes tecnologías y sistemas (consolas de despacho), además de la red telefónica, gracias a una matriz de conmutación digital. Los diferentes sistemas de radio que interese interconectar (redes PMR existentes o redes radio de otros organismos), a excepción del sistema TETRA que dispone de conexión directa vía línea, deben contar con terminales radio conectados a dicha matriz de conmutación mediante un interfaz de 600 Ohmios con señalización E&M.

La integración del mismo con otras redes existentes se hace de forma rápida y flexible si se lleva a cabo por un operador de servicios integrales.

En el capítulo anterior pudimos ver en detalle el desarrollo de los aplicativos necesarios para la integración del centro de control con el sistema de gestión SAE de TMB, y cómo se pueden aprovechar los recursos de ambos sistemas al máximo haciendo un estudio detallado del modelo de estrategia a seguir.

Los equipos de los diferentes fabricantes, en general, están integrados en múltiples centros de coordinación de diferentes marcas, pero dado que se desconoce la totalidad de estos, se considera necesario un proceso previo para garantizar un funcionamiento correcto y la disponibilidad de todas las funcionalidades existentes. Por lo tanto la estrategia básica de incorporación de estas se definirá en dos fases bien diferenciadas:

FASE 1:

- 1) Análisis de integración de los terminales TETRA actuales con el centro de control y coordinación.
- 2) Evaluación de las posibles modificaciones en el software e interfaces del centro de coordinación.
- 3) Análisis de la necesidad de aplicativos específicos o particularidades en la explotación y control.

FASE 2:

- 4) Suministro de los equipos TETRA necesarios acordes con las necesidades operativas de la entidad.
- 5) Subcontratación del suministro de tarjetas, interfaces y servicios para la adecuación del centro de coordinaron a las necesidades operativas.
- 6) Integración del equipo destino con el origen, así como el desarrollo íntegro de los aplicativos y funcionalidades específicas.

7. PROYECTO REAL: L9 METRO BCN

7.1. Punto de partida

7.1.1. Fases de inauguración

7.2. Arquitectura del sistema

7.2.1. Arquitectura física

7.2.1.1. Arquitectura de la red TETRA

7.2.1.2. Arquitectura de los amplificadores de cobertura

7.2.2. Red de distribución

7.2.2.1. Red de distribución de megafonía embarcada

7.2.2.2. Red de distribución de interfonía embarcada

7.2.3. Arquitectura radio

7.2.3.1. Arquitectura radio asociada a los túneles

7.2.3.2. Arquitectura radio asociada a las estaciones tipo L9

7.2.3.3. Arquitectura asociada a las estaciones tipo Viaducto

7.2.3.4. Arquitectura asociada a las estaciones tipo convencional

7.2.3.5. Arquitectura asociada a otras dependencias

7.2.3.5.1. Pozos de evacuación

7.2.3.5.2. Subestación Receptora de Sagrera

7.2.4. Arquitectura lógica

7.2.4.1. Arquitectura lógica

7.3. Equipamiento a instalar

7.3.1. Alcance del suministro

7.3.1.1. Unidades Maestro Ópticas

7.3.1.2. Unidades Remotas Ópticas

7.3.1.3. Amplificadores bidireccionales

7.3.1.4. Cable Radiante

7.3.1.4.1. Cable radiante 1-1/4 "

7.3.1.4.2. Cable radiante 1/2"

7.3.1.5. Elementos Pasivos

7.3.1.6. Antenas

7.4. Interfaces

7.4.1. Interfaces con otros sistemas de comunicaciones

7.4.2. Interfaces con otros proyectos

7.4.2.1. Interfaces con el Material Embarcado

7.4.2.2. Interfaces con el PCC

7.5. Redundancias

7.5.1. Redundancia de equipamiento

7.5.2. Redundancia de cobertura

7.5.3. Redundancia de equipamiento de conmutación

7.5.4. Redundancia de CNC

7.5.5. Redundancia en el sistema de supervisión NMS

7.5.6. Redundancia de tarjetas SIN

7.5.7. Redundancia de Gateway de Mantenimiento

- 7.5.8. Redundancia de Gateway telefónico VoIP
- 7.5.9. Redundancia del sistema de grabación
- 7.5.10. Redundancia en los lugares de Administración de red, supervisión de red y operadores de despacho
- 7.6. Gestión del Sistema**
 - 7.6.1. Network Management System
 - 7.6.2. Line Dispatcher
 - 7.6.3. Arquitectura del sistema de Gestión
- 7.7. Disponibilidad y dimensionamiento**
 - 7.7.1. Cálculo de tráfico
 - 7.7.1.1. Tráfico de voz
- 7.8. Limitaciones de los sistemas móviles bajo tierra**
 - 7.8.1. Balance de potencia radioeléctrico
 - 7.8.2. Arquitectura de red estación tipo L9
 - 7.8.2.1. Esquema general
 - 7.8.2.2. Nivel instalaciones
 - 7.8.2.3. Nivel andén inferior
 - 7.8.2.4. Nivel andén superior
 - 7.8.3. Arquitectura de red estación tipo viaducto
 - 7.8.3.1. Nivel superior
 - 7.8.3.2. Nivel andenes
 - 7.8.3.3. Nivel acceso
 - 7.8.4. Arquitectura de red estación tipo convencional
 - 7.8.4.1. Esquema general
 - 7.8.4.2. Planta instalaciones
 - 7.8.4.3. Vestíbulo, andenes y salida emergencia
- 7.9. Operación en Modo Degradado**
 - 7.9.1. Pérdida de enlace entre la SBS y el nodo central
 - 7.9.2. Fallo de portadora en SBS4
- 7.10. Configuración de flotas, grupos y terminales**
 - 7.10.1. Flotas
 - 7.10.2. Grupos
 - 7.10.2.1. Permisos de flotas generales
 - 7.10.2.2. Permisos de grupo generales
 - 7.10.2.3. Permisos específicos
 - 7.10.2.4. Cifrado y autenticación
- 7.11. Plan de Frecuencias**
- 7.12. Descripción del sistema RESCAT**
 - 7.12.1. Descripción General
 - 7.12.2. Equipamiento
 - 7.12.2.1. Estaciones Base
 - 7.12.2.2. DXTip
 - 7.12.2.3. DWSx C
 - 7.12.2.4. DN2
 - 7.12.2.5. OMUs y Rus

- 7.12.2.6. Lista de Componentes
- 7.12.2.7. Diagramas de Bloques
- 7.12.3. Sistemas de Gestión
- 7.12.4. Redundancias
 - 7.12.4.1. Redundancia de equipamiento
 - 7.12.4.1.1. Enlaces
 - 7.12.4.1.2. Punto de Gestión Técnica de la Red
 - 7.12.4.2. Redundancia de elementos
 - 7.12.4.2.1. Centro de Conmutación
 - 7.12.4.2.2. Estaciones Base
- 7.12.5. Identificación de los regímenes de explotación
- 7.12.6. Expectativas de vida
- 7.12.7. Condiciones de entorno

7.13. Principales problemas encontrados

- 7.13.1. Amplificadores de cobertura
- 7.13.2. Diferentes tipos de arquitectura radio
 - 7.13.2.1. Arquitectura radio asociada a los túneles
 - 7.13.2.2. Arquitectura radio asociada a las estaciones tipo L9
 - 7.13.2.3. Arquitectura asociada a las estaciones tipo Viaducto
 - 7.13.2.4. Arquitectura asociada a las estaciones tipo convencional
 - 7.13.2.5. Arquitectura asociada a otras dependencias
 - 7.13.2.5.1. Pozos de evacuación 1, 2, 3, 6^a y 7b
 - 7.13.2.5.2. Subestación receptora de Sagrera

7.1.-Punto de partida

La mejor manera de empezar a tomar contacto con el propósito técnico de la línea 9/10 del Metro de Barcelona, es describir la solución técnica aplicada en el diseño por el proyecto constructivo.

Como se indicará más adelante con mayor detalle la cobertura de la red TETRA para la explotación de la línea 9 está compuesta por una solución combinada entre estaciones base TETRA y amplificadores de cobertura ópticos que ofrecen cobertura TETRA a lo largo del recorrido de túneles de la línea 9 y las correspondientes estaciones de metro.

El presente estudio mostrará en detalle la solución técnica proyectada y definirá los criterios aplicados en la misma.

Cabe decir que el diseño resultante se ha realizado siguiendo una serie de consideraciones a tener en cuenta ya que afectan de forma muy importante a la viabilidad de la solución técnica. Este condicionantes o consideraciones a tener en cuenta se en los diferentes apartados según se desvíen o coincidan plenamente con los criterios iniciales.

El suministro e instalación del equipamiento asociado a las estaciones Ciudad Aeroportuaria, Intermodal, Motores y Puerto de Europa, según directrices de la Dirección de Obra, concluirá en un plan futuro (C1) , por lo que no es objeto de este proyecto. Cabe destacar que aunque no esté especificado en el momento de finalización del mismo, es imprescindible la contratación y ejecución del futuro plan complementario para que la solución del presente proyecto sea viable técnicamente.

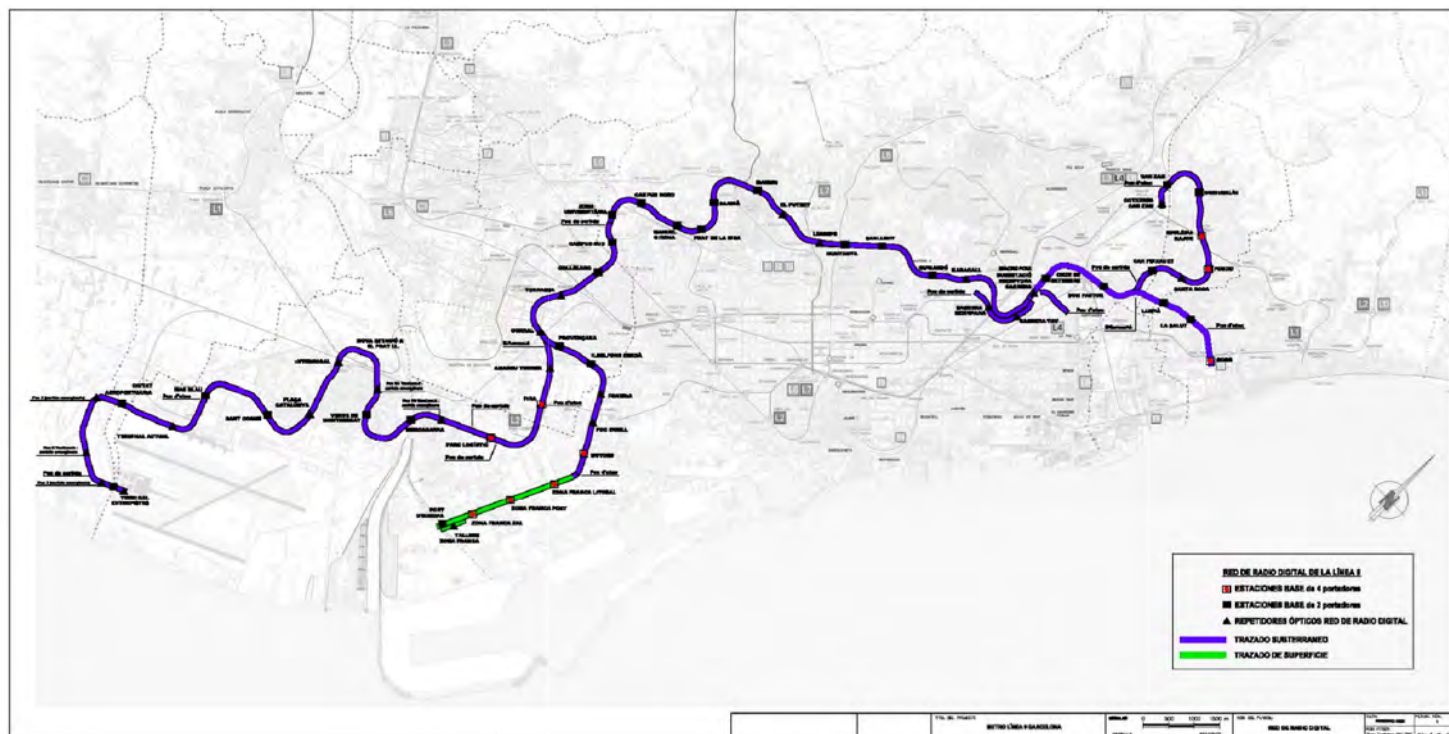
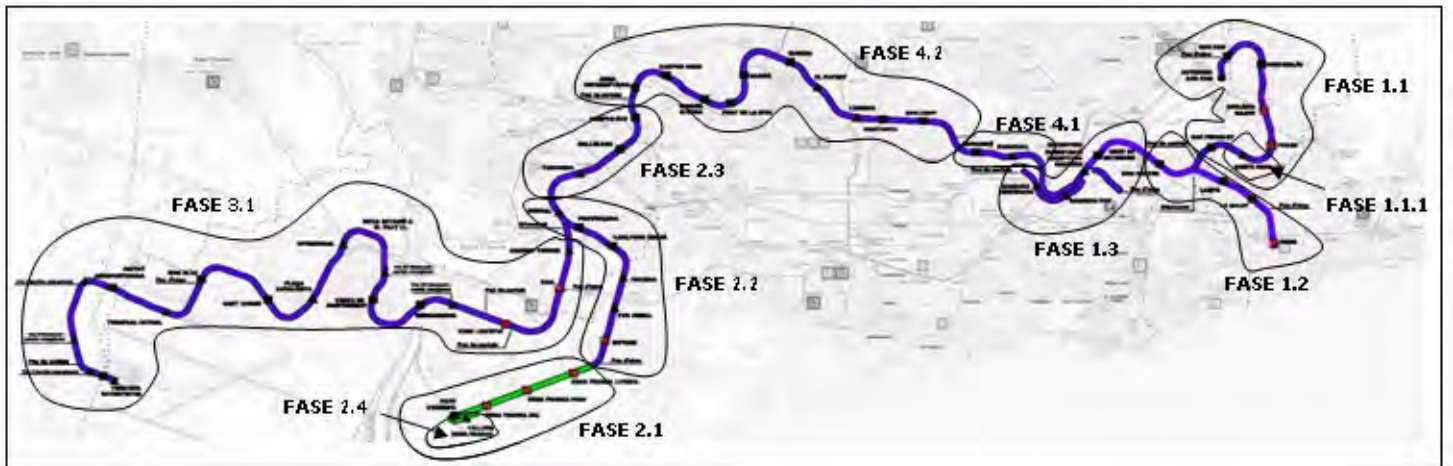


Figura 7.1. Trazado de la L9/L10 del Metro de Barcelona. Ref [18]

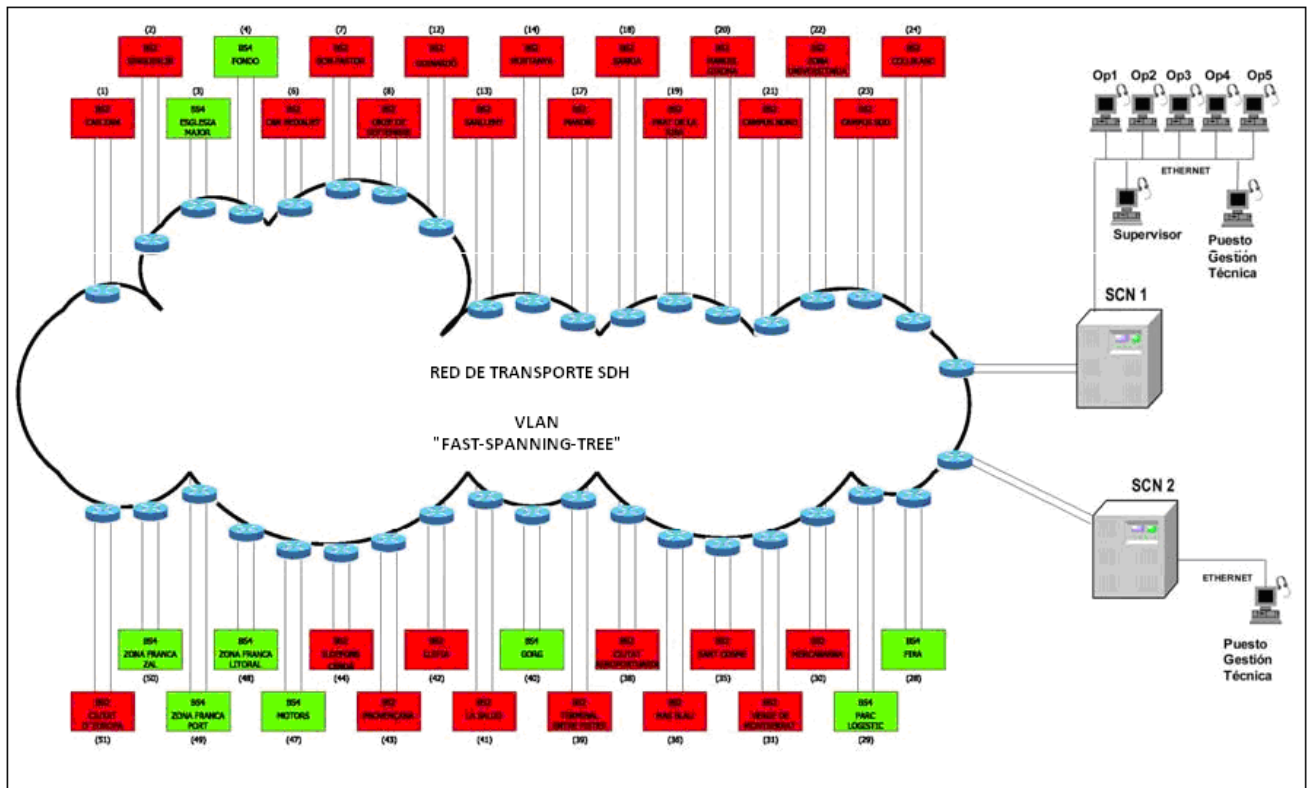


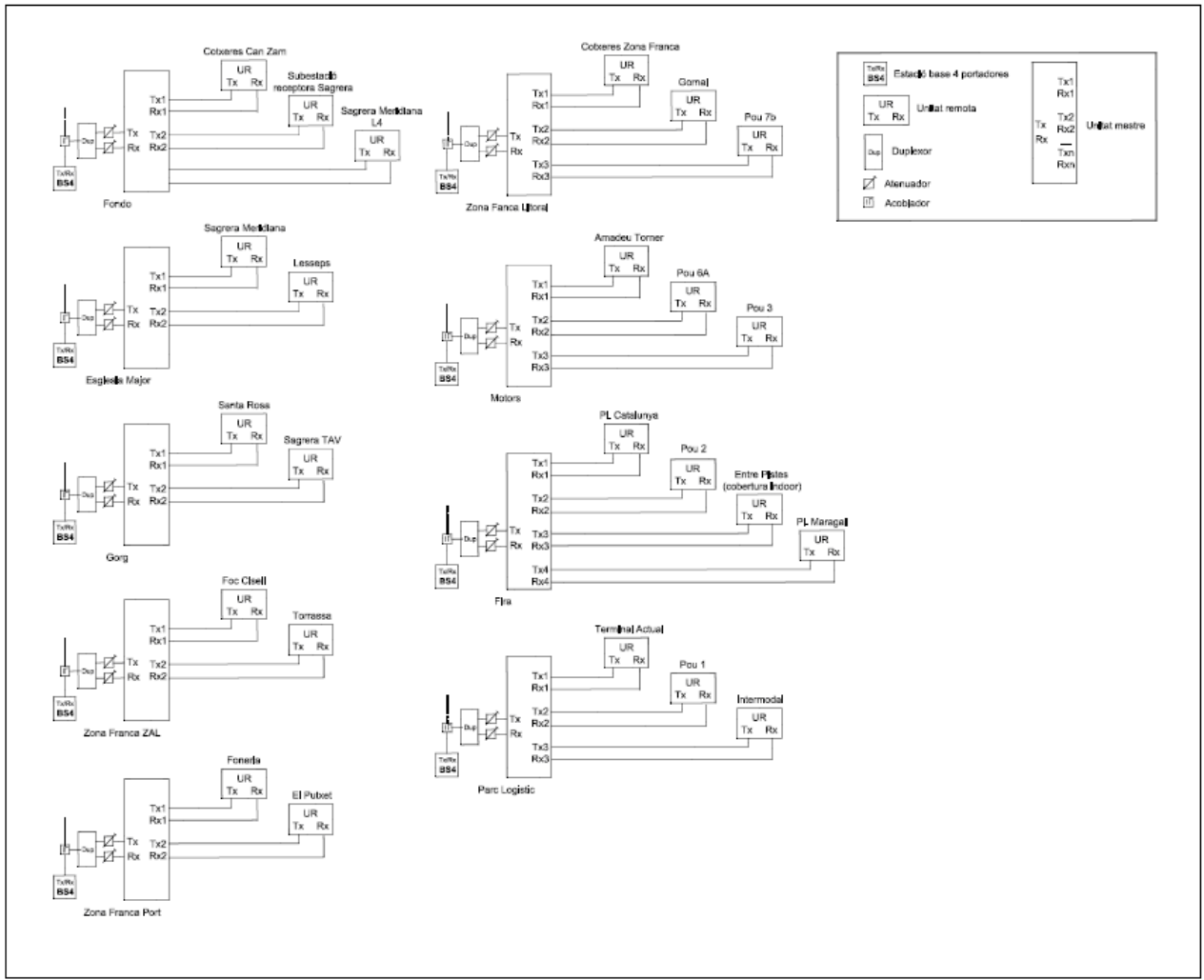
El despliegue de la red en fases ha condicionado en algunos aspectos los criterios de diseño de la arquitectura TETRA, así como la elección del equipamiento para cada estación de metro.

Los aspectos derivados del despliegue por fases que más han condicionado el diseño de la arquitectura TETRA son:

- Longitud del trazado de la línea y las dimensiones de las estaciones pertenecientes a cada fase o subfase.
- Orden cronológico para la implantación de cada fase.
- Despliegue de la red en fases aisladas unas de otras.

Una de las consecuencias inmediatas en los aspectos condicionantes anteriores ha sido la necesidad de instalar algunas estaciones base de cuatro portadoras en lugar de unidades remotas, donde por criterios de radio y de tráfico con el nivel de potencia de una unidad remota hubiera sido suficiente. En cambio ha tenido que incluir una estación base (tipo BS4) a fin de disponer de nuevos canales que respetaran la separación de frecuencias necesaria para poder ser reutilizadas en la estación remota incluida en la misma subfase.





ESQUEMA LÓGICO MEGAFONIA EMBARCADA

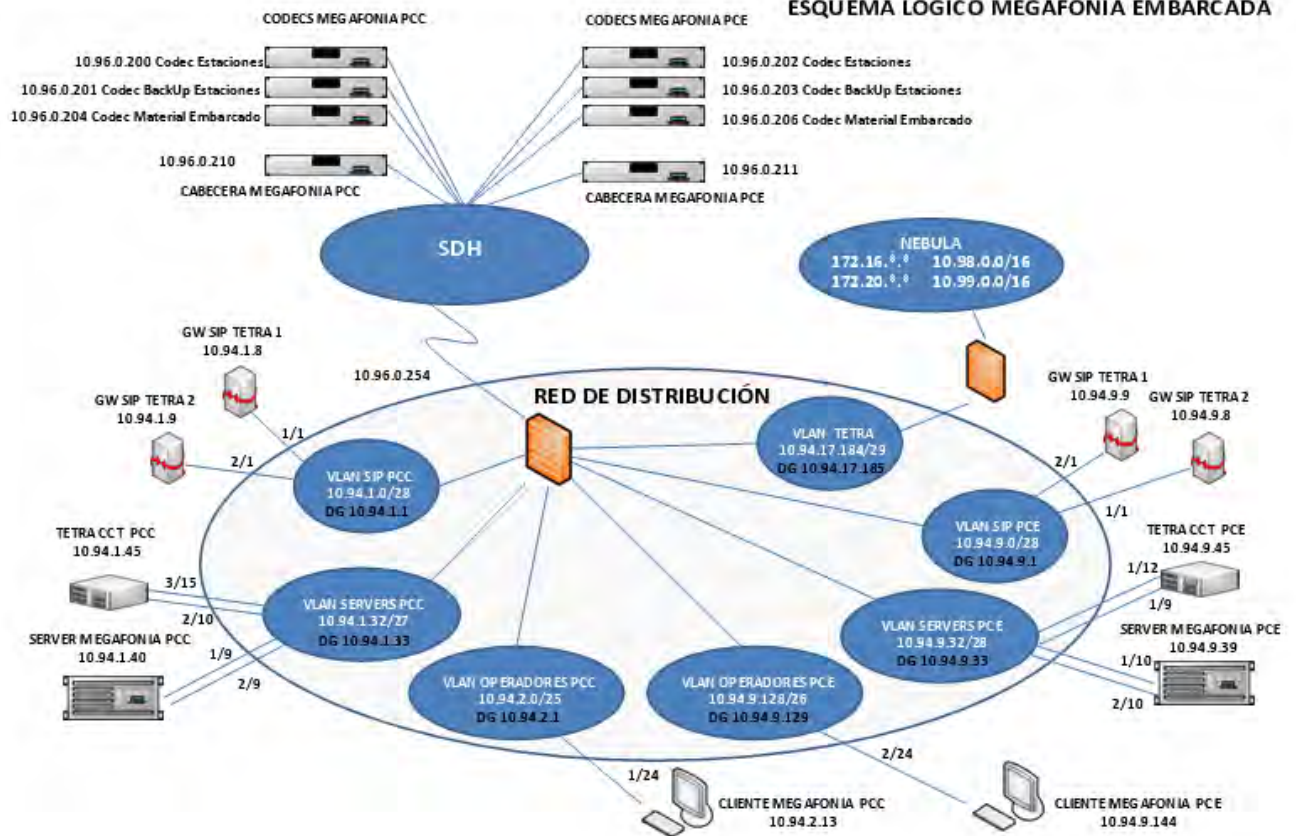
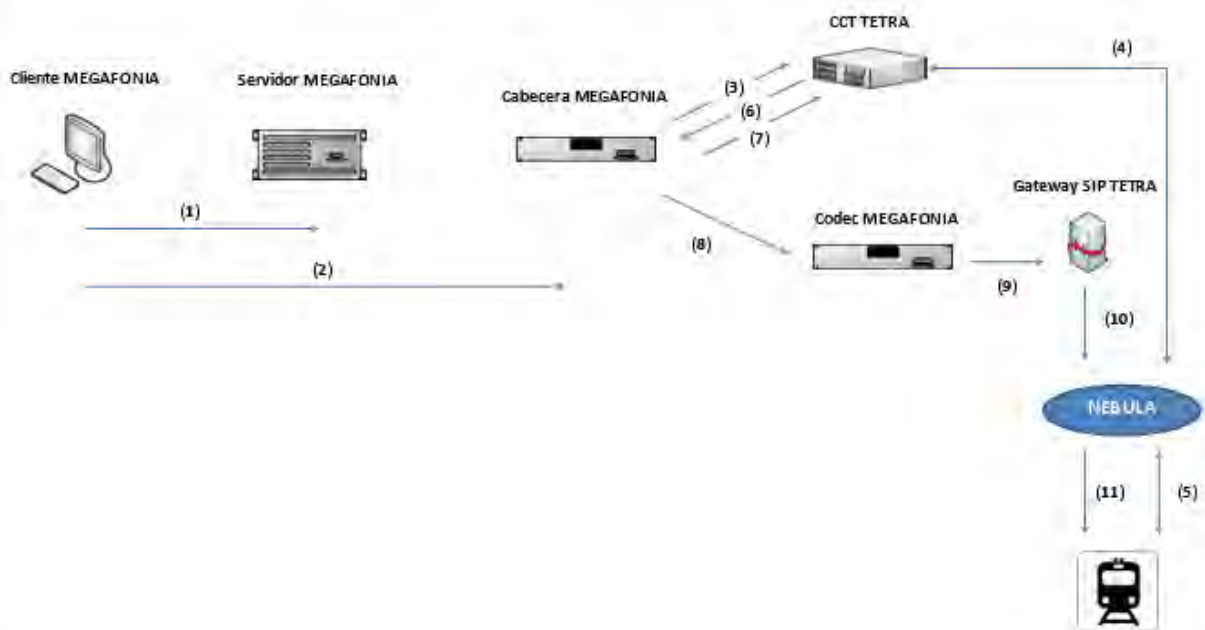


DIAGRAMA DE COMUNICACIONES MEGAFONIA EMBARCADA



ESQUEMA LÓGICO INTERFONIA EMBARCADA

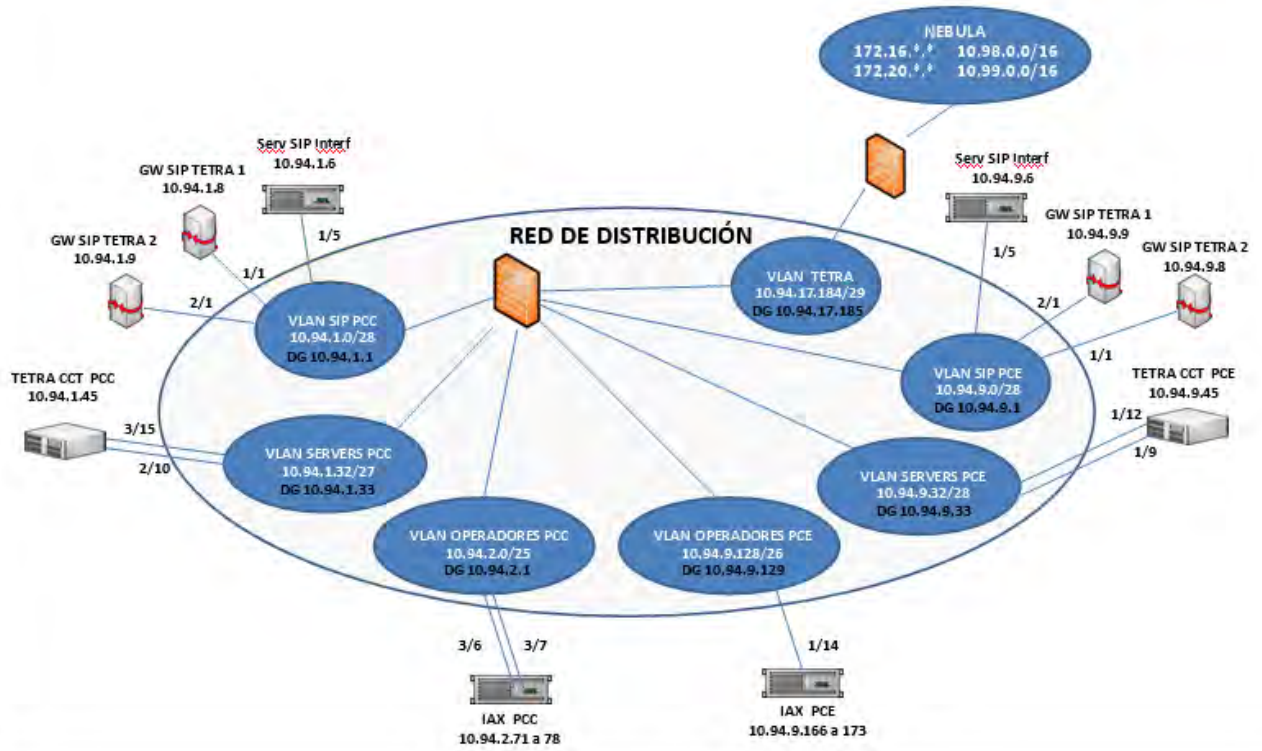
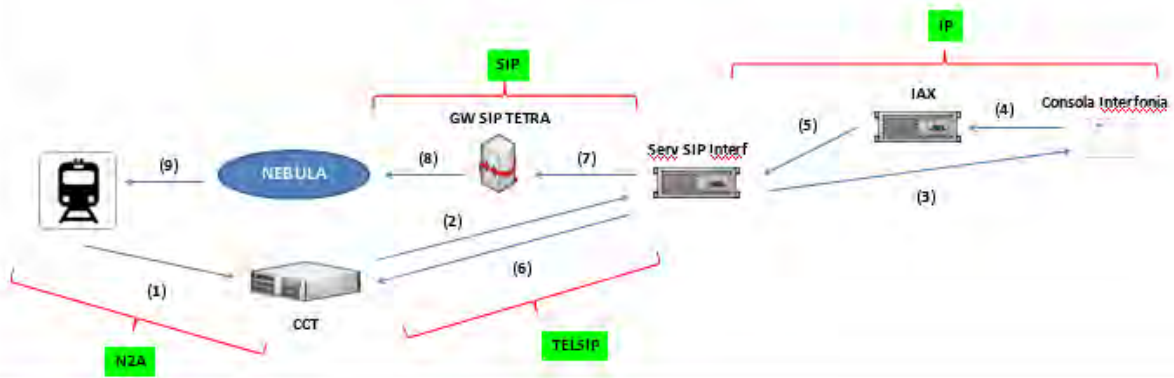


DIAGRAMA DE COMUNICACIONES INTERFONIA EMBARCADA



caso contrario, deberá modificar la solución deberán de utilizar 2 cables radiantes, 1 para cada vía.

En las estaciones con andenes laterales se ha previsto la utilización de un único cable radiante en la zona de andenes. Por otro lado, a las 7 estaciones con andenes centrales se ha previsto la utilización de un cable radiante para cada vía en la zona de andenes.

A lo largo del recorrido existen 19 pozos de evacuación donde se requiere cobertura. Se ha previsto cubrir los pozos mediante un acoplador bidireccional que extraerá señal del cable radiante del túnel y antenas.

A lo largo del recorrido de la Línea 9 existen 17 rampas donde se requiere cobertura. La solución del presente proyecto contempla la cobertura a las 17 rampas comentadas mediante acopladores bidireccionales que extraerán señal del cable radiante del túnel y cable radiante.

Respecto a las salas de confinamiento, subestaciones de tracción, subestaciones receptoras, subestaciones de maniobra, cámaras de transformación de inter-estación, etc., Se ha informado de que, excepto la subestaciones receptora de Sagrera, estarán todas a menos de un metro del cable radiante de los túneles, que serán poco profundas, que el grosor y material de las paredes de separación será "estándar". Según esta información, no se ha previsto la utilización de equipamiento adicional para cubrir las dependencias mencionadas, ya que se prevé que serán cubiertas por el cable radiante longitudinal. En caso de que la situación final sea otra, la solución tendrá que revisar.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante.

En todos los casos, el sistema radiante (cable radiante, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

7.2.3.2. Arquitectura radio asociada a las estaciones tipo L9

Veremos la arquitectura de la red radio asociada a la estación de Singuerlín, como ejemplo de estación de tipo L9.

A continuación se comentan los aspectos más relevantes:

Según la información facilitada, el diseño se ha realizado considerando que todas las estaciones tipo L9 presentan la misma topología y constan de las siguientes plantas: nivel instalaciones, nivel andén inferior, nivel andén superior, paradas de emergencia (varias dependiendo de la estación), nivel salida de emergencia, nivel soto-vestíbulo y nivel vestíbulo (con diferentes accesos dependiendo de la estación). El diseño contempla que los paros de emergencia, tanto las de los ascensores de gran capacidad como las de los ascensores PMR, son comunes.

En las plantas instalaciones, salida de emergencia y vestíbulo se ha previsto ofrecer cobertura mediante cable radiante de 1 / 2 "y antenas. En el resto de plantas se ha previsto ofrecer cobertura mediante antenas.

En las plantas inferiores (nivel instalaciones, nivel andén inferior, nivel andén superior) los pasos de cable entre plantas se realizarán por bajando de cables mediante cable coaxial. A partir de del nivel andén superior se instalará 1 cable radiante de 1/2 "a cada una de las 2 escaleras de emergencia. Estos cables irán subiendo en vertical por las diferentes plantas se irá derivando señal para alimentar las diferentes antenas. Esta misma operación se realizará a la escala que conecta el nivel salida de emergencia con la salida de emergencia.

Los extremos finales de los cables radiantes se cargarán con cargas o con antenas para maximizar la zona de cobertura.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante de las estaciones.

En todos los casos, el sistema radiante (cable radiante, antenas, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescate.

Una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones, y por tanto el tipo y cantidad de equipamiento necesario podría cambiar.

7.2.3.3. Arquitectura asociada a las estaciones tipo Viaducto

Es la asociada a estaciones como la de Zona Franca ZAL.
A continuación se comentan los aspectos más relevantes:

El diseño del sistema de cobertura para las 4 estaciones de tipo viaducto se ha realizado en base a los planos disponibles, los cuales indican, entre otros aspectos, que estas estaciones serán iguales y tendrán 3 plantas (nivel acceso, nivel andenes y nivel superior).

Se ha previsto ofrecer cobertura mediante antenas.

Los pasos de cable entre plantas se realizarán por los bajantes de cables mediante cable coaxial.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante de las estaciones.

En todos los casos, el sistema radiante (antenas, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

Una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones, y por tanto el tipo y cantidad de equipamiento necesario podría cambiar.

7.2.3.4. Arquitectura asociada a las estaciones tipo convencional

Se trata de estaciones como Can Zam, claro ejemplo de estación de tipo convencional. A continuación se comentan los aspectos más relevantes:

El diseño del sistema de cobertura para las 16 estaciones de tipo convencional se ha realizado en base a los planos disponibles. Hay que comentar que no se dispone de planos de la mayoría de estaciones, En estos casos, el diseño realizado es puramente estimativo y por tanto podrá tener que ser modificado.

Se ha previsto ofrecer cobertura mediante antenas.

Los pasos de cable entre plantas se realizarán por los bajantes de cables mediante cable coaxial.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante de las estaciones.

En todos los casos, el sistema radiante (antenas, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescate.

Una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones, y por tanto el tipo y cantidad de equipamiento necesario podría cambiar.

7.2.3.5. Arquitectura asociada a otras dependencias

7.2.3.5.1. Pozos de evacuación

El aumento de la longitud del tramo entre Terminal Entre Pistas y la siguiente estación (Terminal Actual en M0 y Ciudad Aeroportuaria en M2) ha provocado que sea necesario ubicar amplificadores de cobertura a 3 de los pozos de evacuación del tramo comentado (pozos 1, 2 y 3). También será necesario ubicar amplificadores de cobertura en el pozo 7b, entre las estaciones Mercabarna y Parc Logístic, y el pozo 6A, entre las estaciones Virgen de Montserrat y Intermodal.

La instalación de las unidades remotas se realizará fijando sus armarios en las paredes de los locales técnicos de comunicaciones.

Las unidades remotas deberán estar ubicadas cerca de los elementos pasivos de interconexión al sistema radiante y de la bandeja de interconexión de fibra óptica, ya que se interconecta eléctricamente con el sistema radiante y ópticamente con la bandeja de interconexión de fibras ópticas. También deberán estar cerca del cuadro eléctrico.

Para cada remota será necesario disponer de 2 FO's monomodo dedicadas a la bandeja de interconexión de fibras ópticas. La conexión entre las remotas y la bandeja de interconexión de fibras ópticas se realizará mediante latiguillos de fo.

En el diseño se ha asumido que las salas a las que deberá de instalar las unidades remotas estarán correctamente acondicionadas y dispondrán de todos los servicios necesarios (FO, alimentación, etc.).

7.2.3.5.2. Subestación Receptora de Sagrera

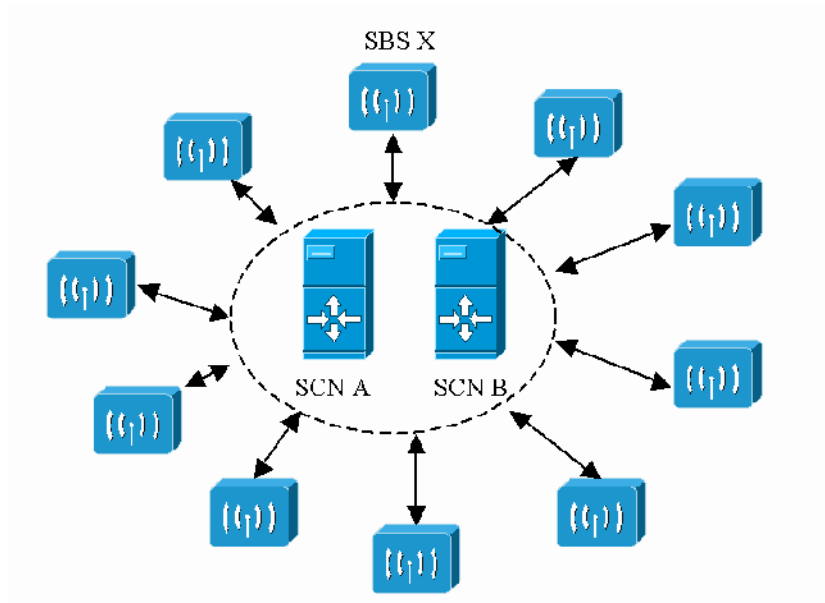
A Sagrera existe una subestación receptora que requiere del mismo tratamiento, en términos de solución de cobertura, que una estación. Por tanto será necesario instalar una remota en la Subestación receptora de Sagrera.

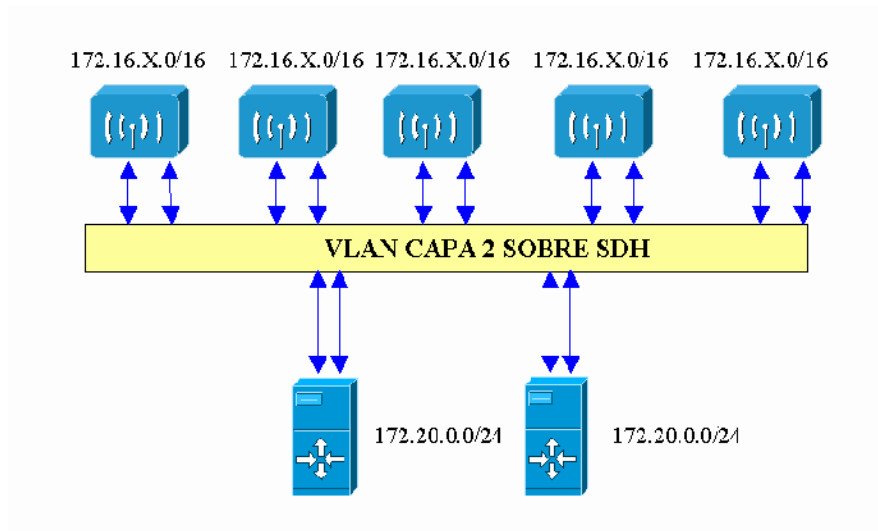
La instalación de la unidad remota se realizará fijando su armario a la pared del local técnico de comunicaciones.

La unidad remota deberá estar ubicada cerca de los elementos pasivos de interconexión al sistema radiante y de la bandeja de interconexión de fibra óptica, ya que se interconecta eléctricamente con el sistema radiante y ópticamente con la bandeja de interconexión de fibras ópticas. También deberá estar cerca del cuadro eléctrico.

Será necesario disponer de 2 fo's monomodo dedicadas a la bandeja de interconexión de fibras ópticas. La conexión entre la remota y la bandeja de interconexión de fibras ópticas se realizará mediante latiguillos de fo.

En el diseño se ha asumido que la sala a las que deberá instalar la unidad remota correctamente acondicionadas y dispondrán de todos los servicios necesarios (FO, alimentación, etc.).





7.3. Equipamiento a instalar

7.3.1. Alcance del suministro

La red estará formada fundamentalmente por el siguiente equipamiento:

36 estaciones base TETRA, de las cuales 27 del tipo SBS2 y 9 del tipo SBS4.

2 conmutadores o nodos centrales (SCN). Uno de ellos será el conmutador principal y tendrá capacidad para gestionar 90 portadoras o bases radio. El segundo será el conmutador redundante y podrá asumir el control de todas las estaciones base con la misma capacidad de tráfico. Sin embargo, el segundo conmutador, en caso de alcanzar el control de la red, dispondrá del mismo número de interfaces con el sistema de telefonía que el conmutador principal, es decir, también dispondrá de 60 comunicaciones simultáneas.

El segundo conmutador de la red, en concreto el controlador CNC, presentará una configuración "hot stand by" o redundancia en caliente, es decir, el CNC redundante (PCE) estará continuamente en marcha y a la espera, pero sin tener el control, que sólo el alcanzará en caso de fallo del CNC principal (PCC).

2 servidores NMS emplazados cada uno en los dos centros de control, encargados de la gestión técnica de toda la infraestructura.

3 clientes NMS con capacidad de configurar tanto perfiles de administrador (permite hacer la gestión de los usuarios y flotas de la red), como de supervisor (permite hacer la gestión de las alarmas de la red). Los clientes NMS están distribuidos de la siguiente forma: 2 clientes NMS en el PCC y 1 clientes NMS en el PCE. Las aplicaciones clientes NMS se cargarán sobre los ordenadores (PC) de los Line dispatxers (operadores de línea).

6 puestos de despacho vía línea (Line Dispatxers) con capacidad de gestión de las comunicaciones con todos los usuarios, grupos y flotas de la red. Los line dispatxers se distribuirán de la siguiente forma: 5 puestos de despacho en el PCC y 1 puesto de despacho en el PCE. Cabe decir que 2 puestos de despacho del PCC y 1 puesto de despacho del PCE se instalarán sobre el mismo ordenador que los clientes NMS (indicados en el párrafo anterior). Consecuentemente desde estos 3 ordenadores o lugares de despacho se podrá acceder a los perfiles de operador de comunicaciones, administrador de la red y supervisor de la red.

2 grabadoras digitales de las comunicaciones. Cada una de las grabadoras se instalará en uno de los centros de control de la red (PCC y PCE), y estarán dimensionadas para grabar todas las comunicaciones entrantes y salientes del PCC y / o del PCE, es decir, cualquier comunicación a la que intervenga alguno de los 8 line dispatxers de la red quedará grabada automáticamente.

1 matriz de conmutación para conexión con otros sistemas

6 terminales fijos MDT 400 de los cuales:

5 terminales se conectarán directamente a la matriz de conmutación.
De esta forma desde cualquier línea de la red se podrá acceder a las comunicaciones de estos terminales.
1 terminal quedará como terminal de sobremesa (DT 410)

135 terminales portátiles HTT 500

1 terminal portátil HTT500 de ingeniería, para tareas de medición de recursos.

En el proyecto de la Línea 9 de metro de Barcelona se ha optado por la utilización de cable radiante 1 ¼ " en los tramos entre estaciones, para obtener una cobertura homogénea y ofrecer un servicio aceptable en los túneles. En las estaciones y demás dependencias, en general, se ha optado por una solución mixta compuesta por antenas y cable radiante de ½ ". En todos los casos, el sistema radiante (cables, acopladores, divisores de potencia, antenas, etc.) será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

Para proporcionar la cobertura requerida se ha diseñado una solución mixta, compuesta por estaciones base y ampliadores de cobertura. La composición de la red de amplios de cobertura es la siguiente:

9 Unidades Maestras
24 Unidades Remotas
1 licencia SW para la supervisión de las maestras y remotas. La licencia no incluye el HW.

Los amplificadores de cobertura proporcionarán cobertura dentro de las estaciones (dependencias, salas, pasillos, etc.) y de los túneles.

Debido a las grandes dimensiones de las estaciones tipo L9 se ha considerado, que en las estaciones donde sea necesario, debido a las pérdidas de potencia en la distribución de la señal, sea efectiva la instalación de amplificadores bidireccionales. Según los cálculos realizados posiblemente sea necesaria la instalación de hasta 30 amplificadores bidireccionales.

7.3.1.1. Unidades Maestro Ópticas

La unidad maestro es una unidad central que controla, alimenta y supervisa las unidades remotas ópticas a través de la fibra óptica. La combinación de las diferentes unidades remotas y las unidades maestras forma un conjunto de distribución óptico de la señal de RF.

Las unidades maestras son equipamientos bidireccionales y están compuestos por diferentes bloques en uplink (señal de los terminales en la estación base) y downlink (señal de la estación base a los terminales):

Uplink: en el enlace ascendente la unidad remota envía la señal recibida de los terminales a través de fibra óptica hacia la unidad maestro, que recibe la señal de las diferentes unidades remotas conectadas y las convierte en señal eléctrica.

Downlink: a partir de una muestra de señal acoplada de la estación base, se realiza una conversión eléctrico-óptica envía la señal a cada una de las diferentes unidades remotas conectadas a través de fibra óptica.

Por tanto, el diagrama de bloques funcional de la unidad maestro se corresponde con un multiplexor óptico y un conversor óptico-eléctrico. El ajuste de niveles se realiza según las características de diseño de cada uno de los diferentes módulos. La salida de radiofrecuencia se conecta directamente a las estaciones base a partir de acopladores direccionales.

La instalación de las unidades maestros se realizará en un rack existente de 19 ". La unidad maestro deberá estar ubicada cerca de las estaciones base y de la bandeja de interconexión de fibra óptica, ya que se interconectará eléctricamente con la estación base a través de acopladores y ópticamente con la bandeja de interconexión de fibras ópticas. También deberá estar cerca del cuadro eléctrico.

Las unidades maestras y remotas están estrechamente ligadas entre sí.

Para cada enlace maestro-remota, serán necesario disponer de 2 fo's monomodo dedicadas. La conexión entre las maestras y el repartidor de fomento se realizará mediante latiguillos de fo.

Para poder realizar la supervisión de la red de amplidores de cobertura, en todos los locales técnicos donde se instalen unidades maestro deberá existir disponibilidad de cobertura GSM, una toma de PSTN ó una toma Ethernet.

7.3.1.2. Unidades Remotas Ópticas

La unidad óptica remota es un repetidor bidireccional que amplifica la señal entre la estación base y los terminales, usando conexiones por fibra óptica que interconectan con las estaciones maestras.

Las unidades ópticas remotas son equipamientos bidireccionales y están compuestos por diferentes bloques en uplink (señal de los terminales en la estación base) y downlink (señal de la estación base a los terminales):

Uplink: en el enlace ascendente la unidad remota amplifica la señal de los terminales y los convierte en señal óptica para poder enviarla hacia la unidad maestro.

Downlink: en el enlace descendente la señal proveniente de las unidades maestro se convierte en señal eléctrica se amplifica para ser enviado hacia los terminales.

La instalación de las unidades remotas se realizará fijando sus armarios en las paredes de los locales técnicos de comunicaciones.

Las unidades remotas deberán estar ubicadas cerca de los elementos pasivos de interconexión al sistema radiante y de la bandeja de interconexión de fibra óptica, ya que se interconecta eléctricamente con el sistema radiante y ópticamente con la bandeja de interconexión de fibras ópticas. También deberán estar cerca del cuadro eléctrico.

Para cada remota será necesario disponer de 2 fo's monomodo dedicadas a la bandeja de interconexión de fibras ópticas. La conexión entre las remotas y la bandeja de interconexión de fibras ópticas se realizará mediante latiguillos de fo.

En el diseño se ha asumido que las salas a las que deberá instalar las unidades remotas estarán correctamente acondicionadas y dispondrán de todos los servicios necesarios (FO, alimentación, etc.), incluyendo los pozos de evacuación a los que deberán instalar remotas.

7.3.1.3. Amplificadores bidireccionales

Los amplificadores bidireccionales amplifican la señal entre las estaciones base o repetidores y terminales.

Los amplificadores bidireccionales son equipamientos bidireccionales y están compuestos por diferentes bloques en uplink (señal de los terminales en la estación base o repetidor) y downlink (señal de la estación base o repetidor en los terminales):

Uplink: en el enlace ascendente el amplificador bidireccional amplifica la señal de los terminales lo envía hacia la estación base o repetidor.

Downlink: en el enlace descendente el amplificador bidireccional amplifica la señal de la estación base o repetidor lo envía hacia los terminales

La instalación de los amplificadores bidireccionales se realizará fijando sus armarios en las paredes de los locales técnicos de las estaciones tipo L9. Los amplificadores bidireccionales deberán estar cerca del cuadro eléctrico.

Para poder realizar la supervisión de los amplificadores bidireccionales, a todos los locales técnicos donde se instalen deberá existir disponibilidad de cobertura GSM, una toma de PSTN ó una toma Ethernet.

En principio se prevé que, para alcanzar los objetivos de cobertura, en las estaciones de menos de 30 metros de profundidad las salas técnicas donde ubicar los amplificadores bidireccionales deberán estar en las plantas inferiores. En las estaciones de más de 30 metros de profundidad las salas técnicas donde ubicar los amplificadores bidireccionales deberán estar en las plantas ubicadas en mitad de pozo.

Sin embargo, la ubicación definitiva de este tipo equipamiento dependerá de los valores de señal disponibles en cada punto del sistema radiante de las estaciones. Adicionalmente hay que comentar que, una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones y podría no ser necesario utilizar los amplificadores.

7.3.1.4. Cable Radiante

7.3.1.4.1. Cable radiante 1-1/4 "

El cable será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

El material previsto dentro de esta partida es suministro de 85.212,5 metros de cable radiante 1-1/4 "HFLSFR, con las grapas metálicas y de plástico necesarias para su instalación. El material incluye los kits de tierra, DC Blocks, latiguillos y conectores para la instalación del cable radiante.

Este material será el utilizado en las siguientes dependencias:

Túneles de tipo convencional (1 cable radiante en cada tramo) y de tipo L9 (2 cables radiantes por tramo, 1 para cada túnel).

Recorrido de tipo viaducto (1 cable radiante para cada tramo).

Andenes de estaciones con andenes laterales: se ha previsto la utilización de un único cable radiante en la zona de andenes (el mismo cable radiante que ofrecerá cobertura a las vías).

Andenes de estaciones con andenes centrales: se ha previsto la utilización de un cable radiante para cada vía en la zona de andenes.

Cocheras Zona Franca.

Rampas: la solución del presente proyecto contempla la cobertura a las 17 rampas de la Línea 9.

7.3.1.4.2. Cable radiante 1/2"

Tiene similares características técnicas al anterior, su principal diferencia es el diámetro menor que presenta, y una frecuencia máxima de aproximadamente el doble, aunque no nos afecta en este proyecto.

El cable será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat igualmente.

El material previsto son 12.825 metros de cable radiante 1 / 2 "HFLSFR, con las grapas metálicas y de plástico necesarias para su instalación.

Fundamentalmente, este material se utilizará en las estaciones tipo L9, ya que tiene un radio menor y es más adecuado para el conjunto de cableado que se distribuye a lo largo de la tirada de suministro.

7.3.1.5. Elementos Pasivos

De igual modo a un proyecto de superficie, el sistema radiante de la red radio estará compuesto además por diferentes elementos auxiliares, como son los duplexores, acopladores, divisores, atenuadores, cargas, cable coaxial, conectores, etc. Y deberemos tenerlos en cuenta por las pérdidas que presentan cada uno de ellos.

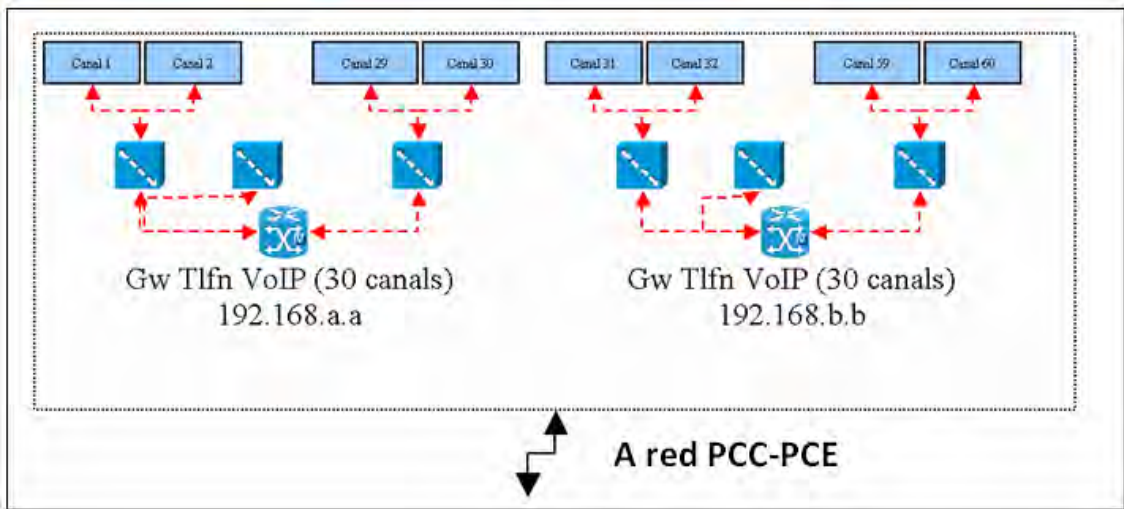
7.3.1.6. Antenas

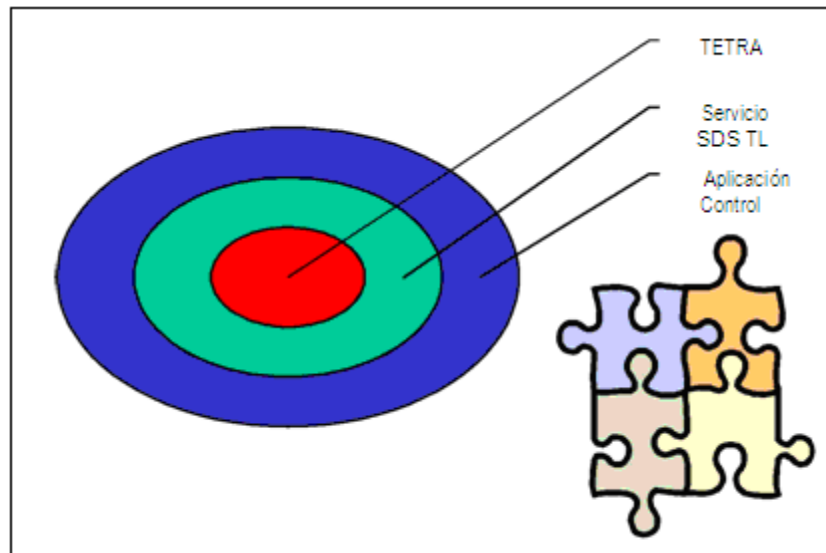
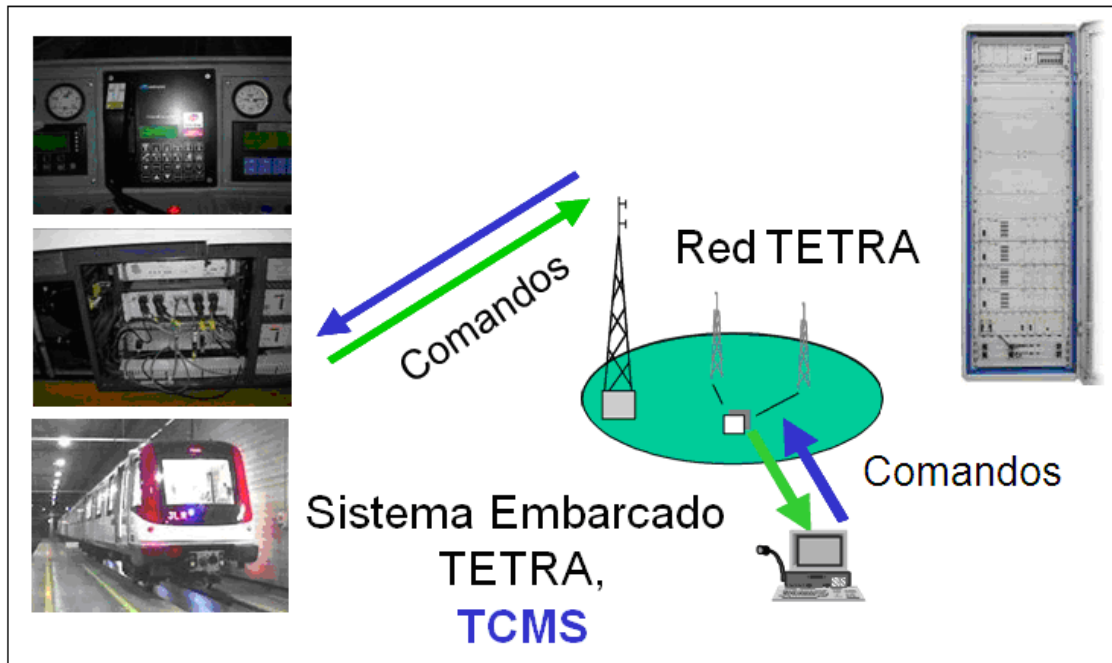
Las antenas que se han previsto presentan son de tipo omnidireccional, de polarización vertical, y una potencia de salida máxima de 100W.

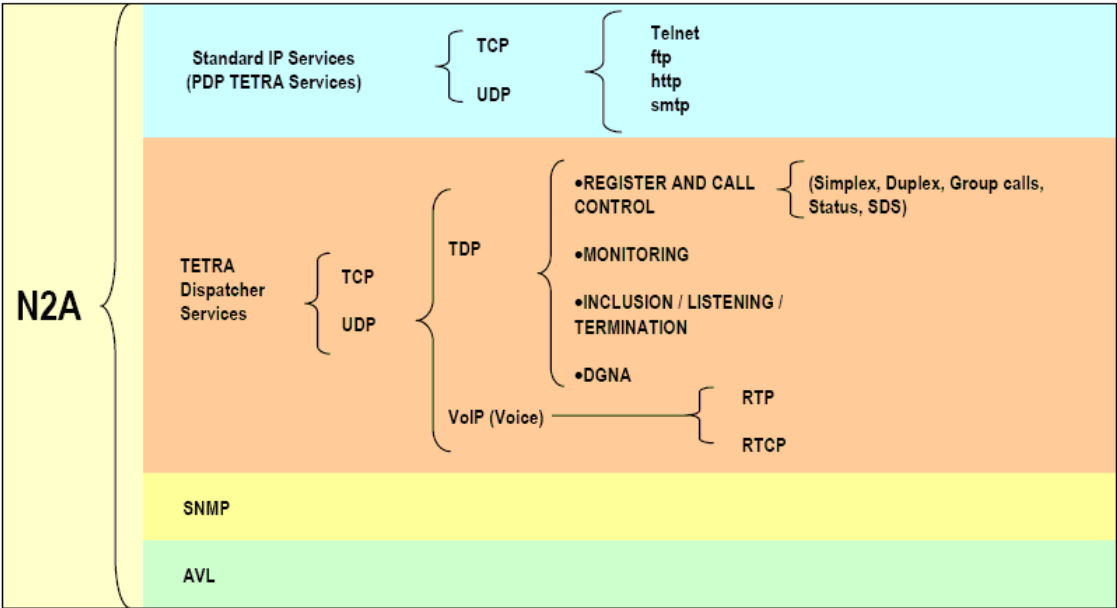
Las antenas serán comunes para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

El material previsto es el suministro de 654 antenas. Este material será el utilizado en las siguientes dependencias:

- Estaciones de tipo viaducto.
- Estaciones de tipo convencional.
- Estaciones de tipo L9.
- Cocheras.
- Subestación Receptora de Sagrera.
- Pozos de evacuación.







7.5. Redundancias

Una fortaleza a destacar del sistema Nebula es la robustez del sistema hacia posibles fallos. Esta robustez se consigue mediante la redundancia de diferentes elementos que son detallados a continuación.

7.5.1. Redundancia de equipamiento

La red presentará una topología en estrella que aporta un elevado grado de redundancia, y por tanto una alta seguridad en los elementos más críticos de la infraestructura, gracias al nodo central redundante capaz de mantener los servicios asociados a la red Tetra. A continuación se detallan los puntos más destacables en la topología que presentan redundancia:

7.5.2. Redundancia de cobertura

En el recorrido de la Línea 9 los cálculos realizados en el balance de potencia para el diseño de la red de cobertura prevén que los tramos entre estaciones (túneles y viaductos por los que circularán los trenes) dispondrán de cobertura de dos equipos radio diferentes (estaciones base o amplificadores de cobertura). Las dependencias más cercanas al cable radiante de las vías podrán disponer también de cobertura redundante. El resto de dependencias no dispondrán de cobertura redundante.

7.5.3. Redundancia de equipamiento de conmutación

Todo el sistema de conmutación de la red TETRA está redundado, de forma que si tenemos un fallo en alguno de los switches siempre podemos contar con la alternativa de enrutamiento.

7.5.4. Redundancia de CNC

El módulo CNC redundante proporciona dos funciones: la primera es sustituir al CNC principal en toda la red, en el caso de que se produjera un fallo o desconexión de éste. La segunda es evitar el aislamiento de zonas frente a pérdidas de enlace con el nodo central. Los CNC's se sitúan en el PCC (Puesto de Control Central) y el PCE (Puesto de Control de Emergencia).

7.5.5. Redundancia en el sistema de supervisión NMS

Se trata de un servidor NMS que se encarga de tomar el control frente a caídas/averías del NMS principal, proporcionando servicio NMS mientras el NMS principal se recupera o repara.

Se contemplan los siguientes casos como posibles situaciones en las que el sistema pasa a un estado de redundancia:

Caída del servidor NMS.
Pérdida del enlace entre un servidor NMS principal y el NMS redundante.

7.5.6. Redundancia de tarjetas SIN

La redundancia de tarjetas SIN dota a la infraestructura Nebula de una tarjeta secundaria, que permite el enlace entre el SCN y cualquier elemento de las zonas, garantizando la comunicación en caso de fallo de la tarjeta primaria.

7.5.7. Redundancia de Gateway de Mantenimiento

La redundancia de la tarjeta de mantenimiento permite el acceso remoto a la infraestructura en caso de caída del nodo central o fallo de la tarjeta de mantenimiento redundante.

Esta es la parte menos crítica del sistema, pero se consideró que no estaba de más en una red de tal categoría.

7.5.8. Redundancia de Gateway telefónico VoIP

Mediante el Gateway telefónico VoIP redundante se proporcionan interfaces de interconexión en caso de caída de los elementos del nodo principal.

7.5.9. Redundancia del sistema de grabación

Tanto las comunicaciones entre los terminales y el centro de control como las de los propios terminales entre sí están redundadas.

7.5.10. Redundancia en los lugares de Administración de red, supervisión de red y operadores de despacho

Se ha provisto a la red de nuevos puestos de control, administración y supervisión, de modo que las tareas de control puedan hacerse desde otro punto remoto en caso de fallo de la red principal. De este modo en el puesto de control secundario se clona la infraestructura principal de gestión, o al menos, sus componentes más relevantes.

7.6. Gestión del Sistema

7.6.1. Network Management System

El sistema NMS (Network Management System) se corresponde con el sistema de gestión global de la infraestructura Nebula. Desde el NMS se realizan todas las tareas de configuración tanto de la arquitectura de la red como de los terminales o abonados con los que se permite trabajar en el sistema. La monitorización es otra de las funciones fundamentales del NMS.

El sistema de gestión de red de Nebula, NMS, tiene una arquitectura cliente / servidor multiusuario con diferentes niveles de acceso y grados de servicio, cada usuario es identificado mediante una contraseña.

Los módulos funcionales que contienen la aplicación NMS se muestran a continuación:

Gestión NMS:

- Gestión de usuarios
- Gestión de configuraciones
- Gestión de seguridad, autenticación y cifrado
- Estadísticos

Gestión de flotas:

- Configuración de flotas
- Monitoreo en tiempo real de llamadas
- Histórico de llamadas
- Estadísticas de llamadas
- Exportación a archivo

Gestión de red:

- Monitoreo en tiempo real de incidencias
- Histórico de incidencias
- Mantenimiento remoto
- Configuración de arquitectura de red

7.6.2. Line Dispatcher

La funcionalidad principal del módulo Line Dispatcher consiste en proporcionar un servicio de telefonía VoIP que permita el establecimiento de comunicaciones entre la aplicación cliente NMS y los terminales de la red TETRA. Desde este módulo se pueden establecer y recibir llamadas y enviar y recibir mensajes SDS de estado. También puede usarse para monitorizar las llamadas de la red TETRA.

Presenta la siguiente funcionalidad:

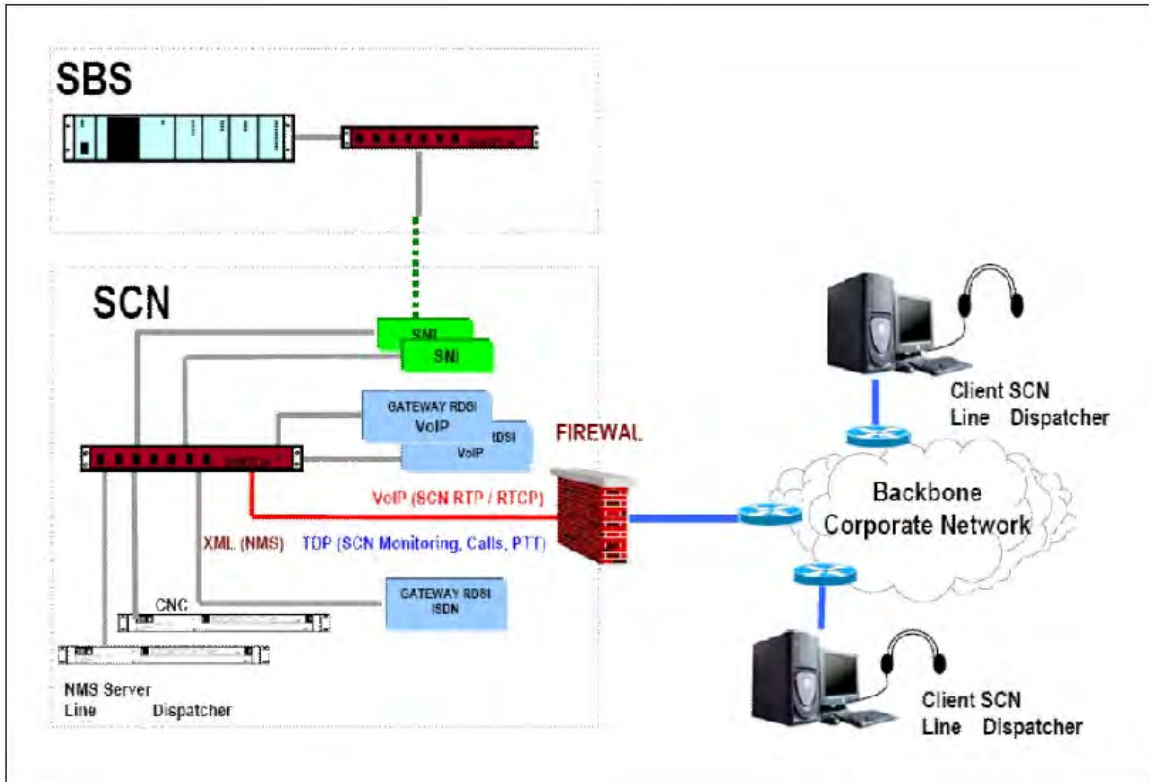
Ventana de llamadas entrantes: Muestra las llamadas entrantes (dirigidas al operador Line Dispatcher o los grupos seleccionados por el operador Line Dispatcher).

Ventana de monitorización de llamadas en curso: Permite la monitorización de llamadas en curso, muestra las llamadas no dirigidas al cliente Line Dispatcher, ni a grupos seleccionados por este.

Ventanas de progresión de llamada: Esta ventana muestra la información relativa a la progresión de una llamada, además de contener los botones de PTT y PTT preemptivo.

Ventana de comunicaciones: Permite la realización de llamadas y el envío de mensajes desde el Line Dispatcher.

Ventana de recepción de mensajes: Muestra una lista de tamaño limitada de mensajes entrantes en la que se muestran los últimos mensajes SDS de estado recibidos por Line Dispatcher.



7.7. Disponibilidad y dimensionamiento

7.7.1. Cálculo de tráfico

Como pasa en cualquier proyecto TETRA, a no ser que la red ya esté establecida con un sistema de comunicaciones obsoleto y se quiera modernizar, el cliente nunca dispone de unos datos de tráfico fiables para los cálculos de disponibilidad. A falta de estos requerimientos de tráfico, y gracias a la experiencia de los innumerables proyectos que la empresa ha gestionado a lo largo del mundo, se utilizan unos patrones estimativos elaborados a lo largo de los años, y que se asemejan a los que se llegarán a utilizar en el ámbito en concreto al que pertenece el proyecto. Por supuesto, y como nada en la vida es absoluto, se establecen unos márgenes de seguridad a la alza, para prevenir futuras ampliaciones y desarrollos.

En este caso se ha considerado que todas las estaciones base deberán ser de 2 portadoras, excepto las estaciones base de las que colgarán remotas, que deberán ser de 4 portadoras. Como decíamos, hay que comentar que, una vez implementada la red, en función del tráfico generado, podrá ser necesario realizar ampliaciones, etc., Para aumentar la capacidad de la red.

Los resultados que se presentan en el presente estudio resultan del modelado estadístico de la infraestructura y del establecimiento de una serie de hipótesis que podrían no ajustarse a la realidad una vez entre en funcionamiento la red. Su valor es por lo tanto puramente teórico y con la única finalidad de intentar representar el comportamiento del sistema en función de unas características de tráfico tipo.

Ya que en esta fase de proyecto no hay detalles prácticos sino teóricos, de los requerimientos de los usuarios (distribución, grupos, etc.), en materia de recursos radio, será necesario realizar un estudio de detalle una vez se tengan datos del modelo de explotación. Este estudio podrá permitir optimizar la solución técnica más adecuada a implementar.

7.7.1.1. Tráfico de voz

Algunos de los parámetros necesarios para la determinación del tráfico de voz no se conocen en esta fase de proyecto y, en consecuencia, el estudio que se puede hacer en esta fase es orientativo. Aspectos como la distribución de los usuarios, la cantidad y los tipos de grupos de comunicaciones que se establezcan, la cantidad de llamadas por cada terminal y la duración de las mismas, etc., Son determinantes para poder realizar un análisis del dimensionamiento necesario.

De esta manera, el presente estudio se da una orientación del grado de servicio alcanzado de acuerdo a unas determinadas hipótesis de utilización de la red.

El número de estaciones base y su configuración previstas se muestra a continuación:

Tipo de estación base	Número de estaciones base	Número de portadoras por estación base	Número de canales de control por estación base	Número de canales de tráfico por estación base	Número total de canales de control	Número total de portadoras	Número de canales de tráfico
BS2	27	2	2	6	54	54	162
BS4	9	4	2	14	36	18	126
Total	36				90	72	288

	Usuarios activos	Llamadas HC	Duración llamada	Tiempo espera (s)	Tráfico	Canales disponibles	Probabilidad espera	T. medio espera (s)	GOS% Erlang C
Terminal entre pistas	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Ciutat Aeroportaria	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Mas Blau	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Sant Cosme	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Verge Montserrat	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Mercabarna	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Parc Logistic (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Parc Logistic (2)	254	1	20	10	1,4124	7	0,068%	0,243%	0,004%
Fira (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Fira (2)	339	1	20	10	1,8832	7	0,347%	1,355%	0,027%
Ciutat Europa	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Zona Franca ZAL (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Zona Franca ZAL (2)	169	1	20	10	0,9416	7	0,006%	0,019%	0,000%
Zona Franca Port (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Zona Franca Port (2)	169	1	20	10	0,9416	7	0,006%	0,019%	0,000%
Zona Franca Litoral (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Zona Franca Litoral (2)	254	1	20	10	1,4124	7	0,068%	0,243%	0,004%
Motors (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Motors (2)	254	1	20	10	1,4124	7	0,068%	0,243%	0,004%
Ildefons Cerdà	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Provençana	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Collblanc	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Campus sud	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Zona universit.	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Campus nord.	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Manel Girona	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Prat de la Riba	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Sarrià	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Mandri	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Muntanya	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Sanllehy	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Guinardó	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Onze Setembre	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Bon Pastor	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Llefià	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
La Salut	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Gorg (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Gorg (2)	169	1	20	10	0,9416	7	0,006%	0,019%	0,000%
Can Peixauet	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Fondo (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Fondo (2)	169	1	20	10	0,9416	7	0,006%	0,019%	0,000%
Església Major (1)	85	1	20	10	0,4708	7	0,000%	0,000%	0,000%
Església Major (2)	169	1	20	10	0,9416	7	0,006%	0,019%	0,000%
Singuerlín	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%
Can Zam	85	1	20	10	0,4708	6	0,001%	0,004%	0,000%

7.8. Limitaciones de los sistemas móviles bajo tierra

7.8.1. Balance de potencia radioeléctrico

Para proporcionar servicio de trunking digital en los túneles de la Línea 9, así como a las diferentes dependencias, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Generalmente, un sistema radiante compuesto por antenas no permite cubrir el interior de túneles como los de la Línea 9, ya que el ángulo de la señal radiado incidente en el ferrocarril es en muchas ocasiones reducido. Esto hace que las pérdidas de penetración sean muy elevadas. Por otro lado, el uso de cable radiante es una opción altamente efectiva y viable para contrarrestar este efecto en entornos como el comentado.

La utilización de cable radiante en los túneles es también una buena opción para favorecer el proceso de handover o cambio de celda.

En un diseño basado en antenas, en cambio, habitualmente es difícil alcanzar un grado aceptable de transición entre celdas sin problemas, ya que las irregularidades y la geometría de los túneles pueden dificultar el registro a las diferentes estaciones base del sistema.

El uso de antenas es adecuado en situaciones donde, por ejemplo, hay visión directa con las zonas a cubrir. En el caso de coberturas en el interior y a lo largo de estaciones de metro, la utilización de antenas o cable radiante depende de cómo sea el espacio a cubrir y de las necesidades de cobertura en el espacio.

Después de observar los planos y hacer algunos cálculos, se evidencia que para el proyecto de la Línea 9 de metro de Barcelona, se debe optar por la utilización de cable radiante en los tramos entre estaciones, para obtener una cobertura homogénea y ofrecer un servicio aceptable en los túneles. En las estaciones y demás dependencias, en general, se ha optado por una solución mixta compuesta por antenas y cable radiante.

En todos los casos, el sistema radiante (cables, acopladores y divisores de potencia, antenas, etc.) será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

Parámetro	Valor
Sensibilidad dinámica estación base (dBm)	-107.5
Sensibilidad dinámica terminal portátil (dBm)	-103
Sensibilidad dinámica terminal móvil (dBm)	-103
Degradación ruido RX en UL (dB)	3
Degradación ruido RX en DL (dB)	0
Nivel ruido Rx estación base y portátil (dBm)	-125
Nivel ruido Rx móvil (dBm)	-120

Parámetro	Valor
Relación C / I necesaria (dB)	18
Potencia salida estación base (BS4, caso peor) (dBm)	40.55
Potencia salida remota (dBm)	30
Potencia salida terminal portátil (dBm)	30
Potencia salida terminal móvil (dBm)	40
Ganancia antena portátil (dBi)	-0.85
Ganancia antena móvil (dBi)	0.35
Distancia la carril más lejano (m)	8
Pérdidas longitudinales cable radiante 1-1/4 "a 400 MHz (dB / 100 m)	2.07
Pérdidas de acoplamiento del cable radiante 1-1/4 "a 8 m y 95% (dB)	76
Pérdidas longitudinales cable radiante 1 / 2 "a 400 MHz (dB / 100 m)	5.74
Pérdidas de acoplamiento del cable radiante 1 / 2 "a 8 m y 95% (dB)	72
Pérdidas inserción duplexor servicios (dB)	1
Pérdidas inserción duplexor (dB)	1.1
Pérdidas divisores de 2 vías (dB)	3.5
Pérdidas acoplador 6 dB paso principal (dB)	1.7
Pérdidas acoplador 6 dB paso acoplado (dB)	6

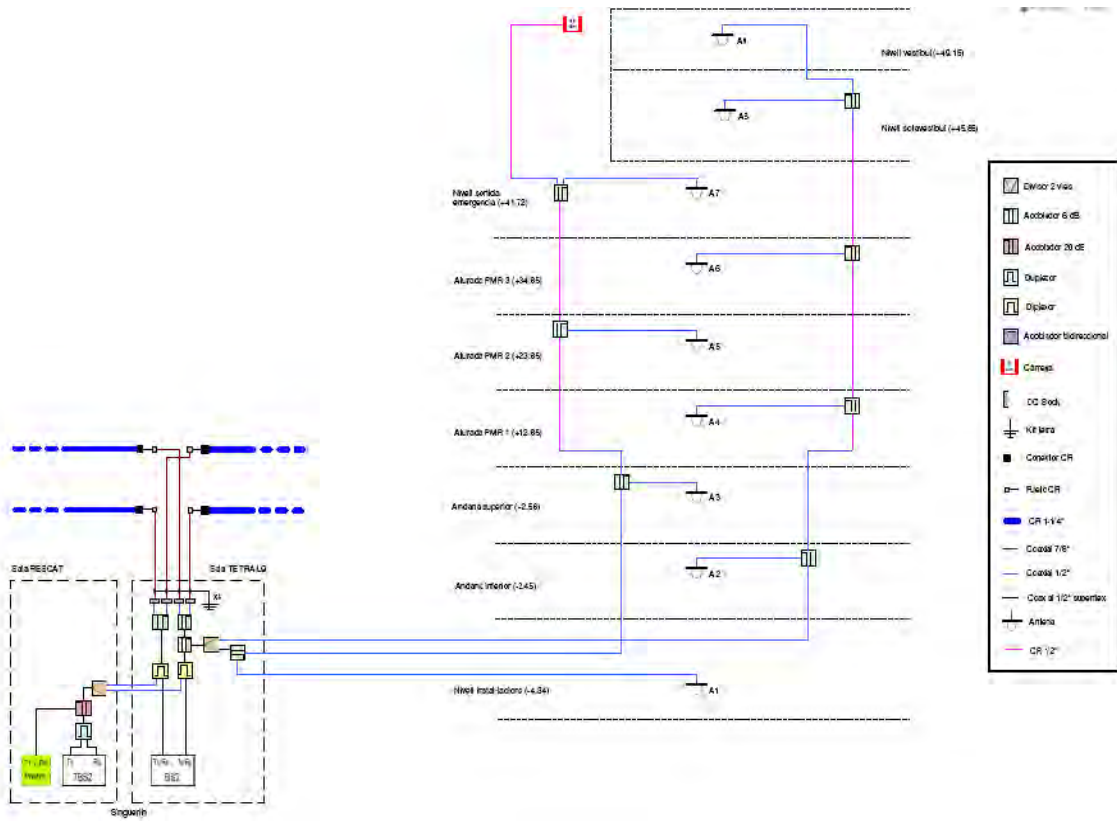
Parámetro	Valor
Pérdidas acoplador 20 dB paso principal (dB)	0.5
Pérdidas acoplador 20 dB paso acoplado (dB)	20
Pérdidas acoplador bidireccional paso principal (dB)	2
Pérdidas acoplador bidireccional paso acoplado (dB)	10
Pérdidas latiguillos y conectores Estación Base / Remota (dB)	4.168
Pérdidas latiguillos y conectores móvil (dB)	2.458
Body loss (dB)	5
Head loss (dB)	1
Pérdidas penetración en el tren para ventanas (dB)	3
Pérdidas penetración en el tren para carcasa superior (dB)	11
Tolerancia de diseño (dB)	5


















- Balance de potencia túneles, aquellos asociados a los túneles.
- Balance de potencia en estaciones tipo L9 (Singularlín)
- Balance de potencia estaciones tipo viaducto (Zona Franca ZAL)
- Balance de potencia estaciones tipo convencional (Can Zam)
- Balance de potencia óptico (de las dos unidades maestras y remotas), considerado los siguientes valores:

Pérdidas longitudinales FO: 0.4 dB / Km.

Pérdidas látigos FO (en las estaciones origen y destino): 1 dB.

Pérdidas fusiones FO (en las estaciones de tráfico): 0.1 dB.



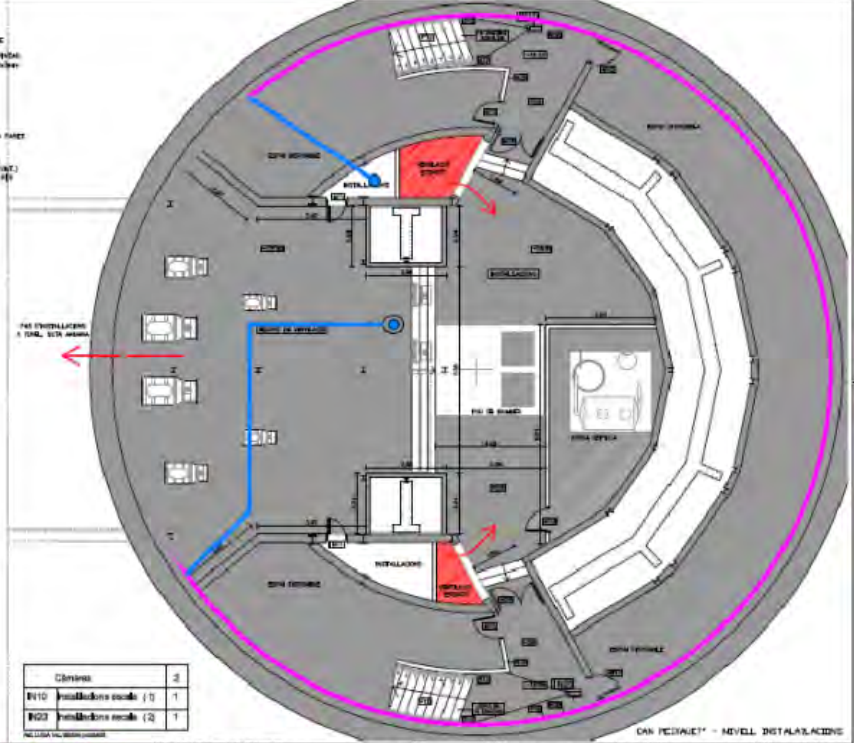
-  Cable 2 vías
-  Acoplador 6 dB
-  Acoplador 20 dB
-  Diploador
-  Diploador
-  Acoplador bidireccional
-  Cámaras
-  CC Bnd.
-  Kf línea
-  Capacitor CR
-  Filtro CR
-  CR 1/4"
-  Cable 7/8"
-  Cable 1/2"
-  Coaxial 1/2" superflex
-  Antena
-  CR 1/2"

PAINELESTE
 P201 - SCHEMĂ DE FORMĂ ACHIAȘĂ AȘI FOTONĂ DE
 POLIUREAN
 P202 - SCHEMĂ DE SĂRI METALICE DESTINĂTE PENTRU
 PENTRU - SCHEMĂ DE SĂRI METALICE DESTINĂTE PENTRU
 ANCHORAREA A PENTRU

NECĂSURI
 N201 - ANCHORAJUL PENTRU
 N202 - ANCHORAJUL PENTRU

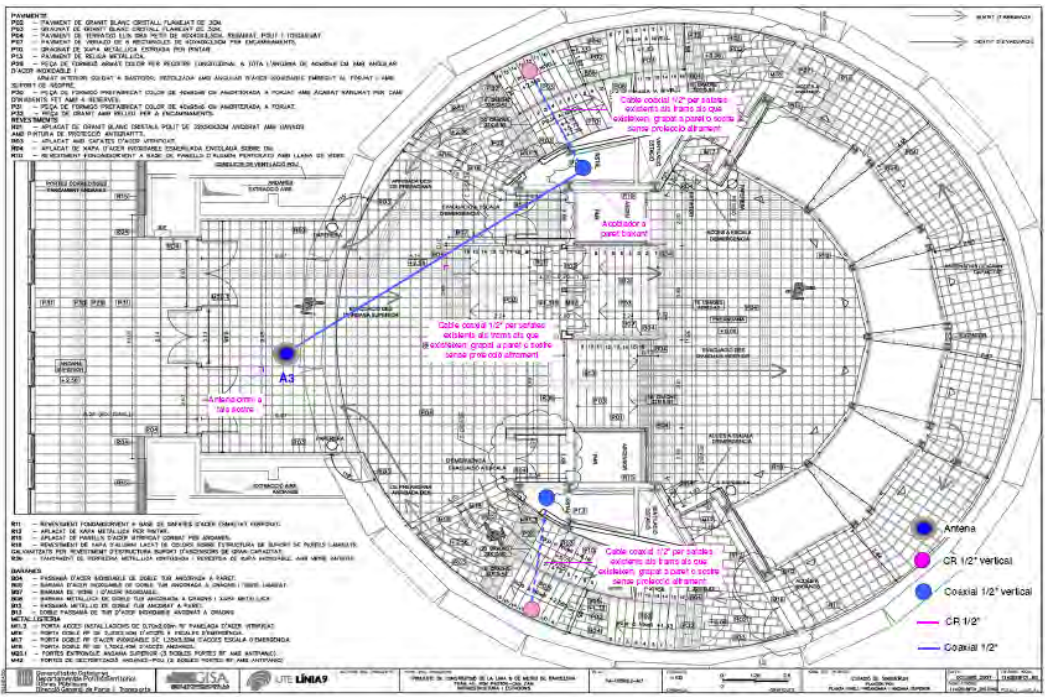
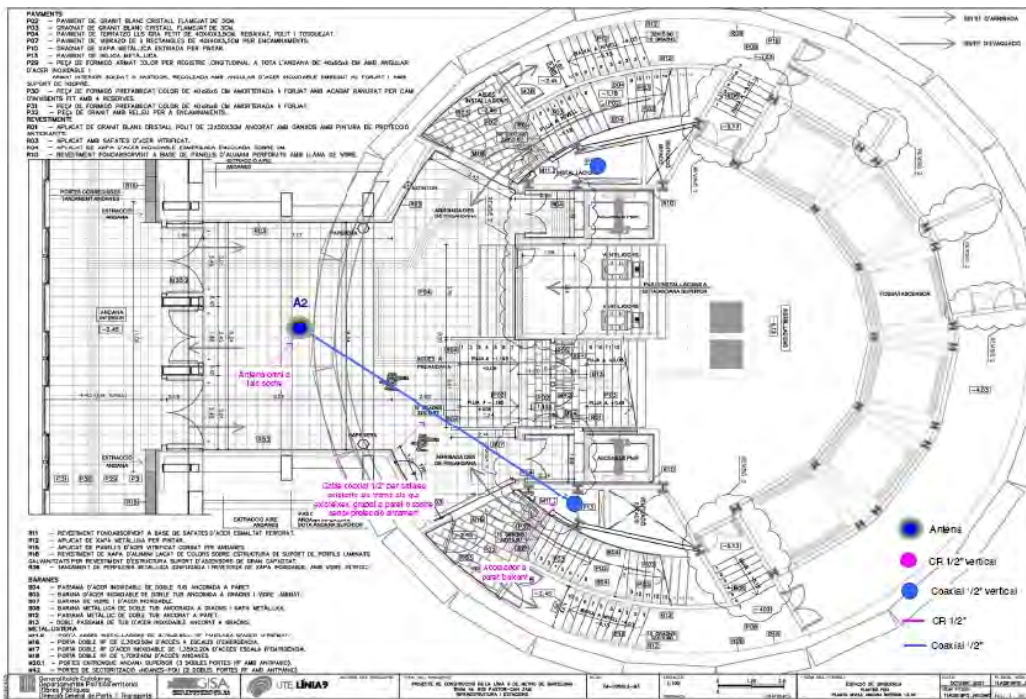
METALIZAREA
 M201 - SCHEMĂ DE METALIZARE PENTRU
 M202 - SCHEMĂ DE METALIZARE PENTRU
 M203 - SCHEMĂ DE METALIZARE PENTRU

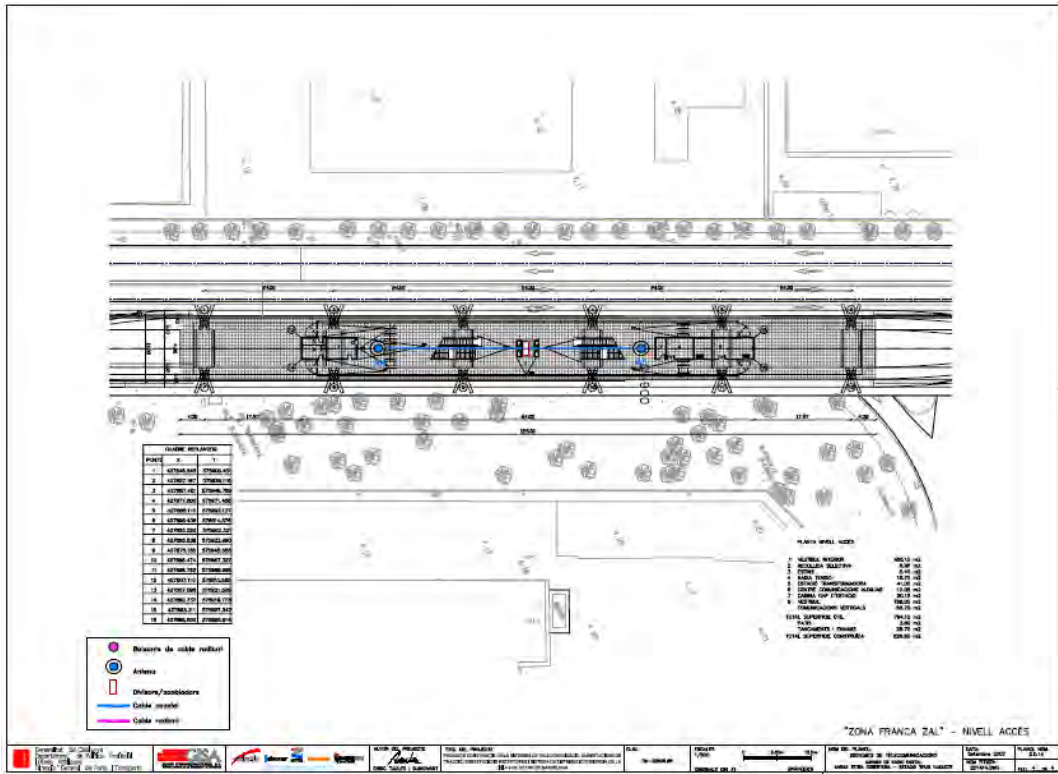
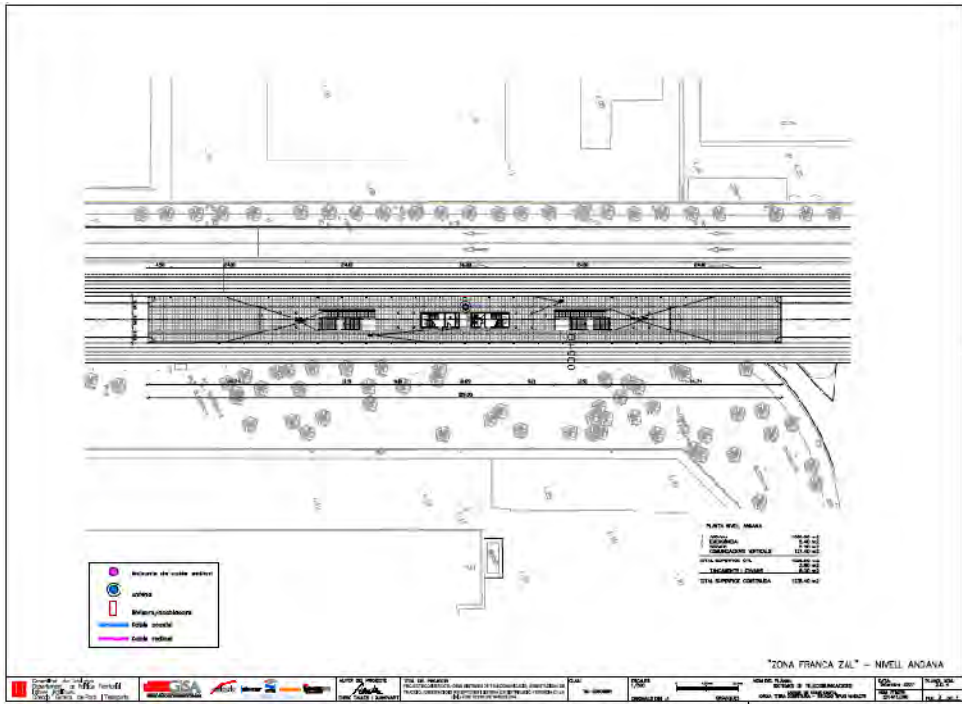
- Schemă de cablu optice
- Anchetă
- Schemă de cablu optice
- Cablu optice
- Cablu optice

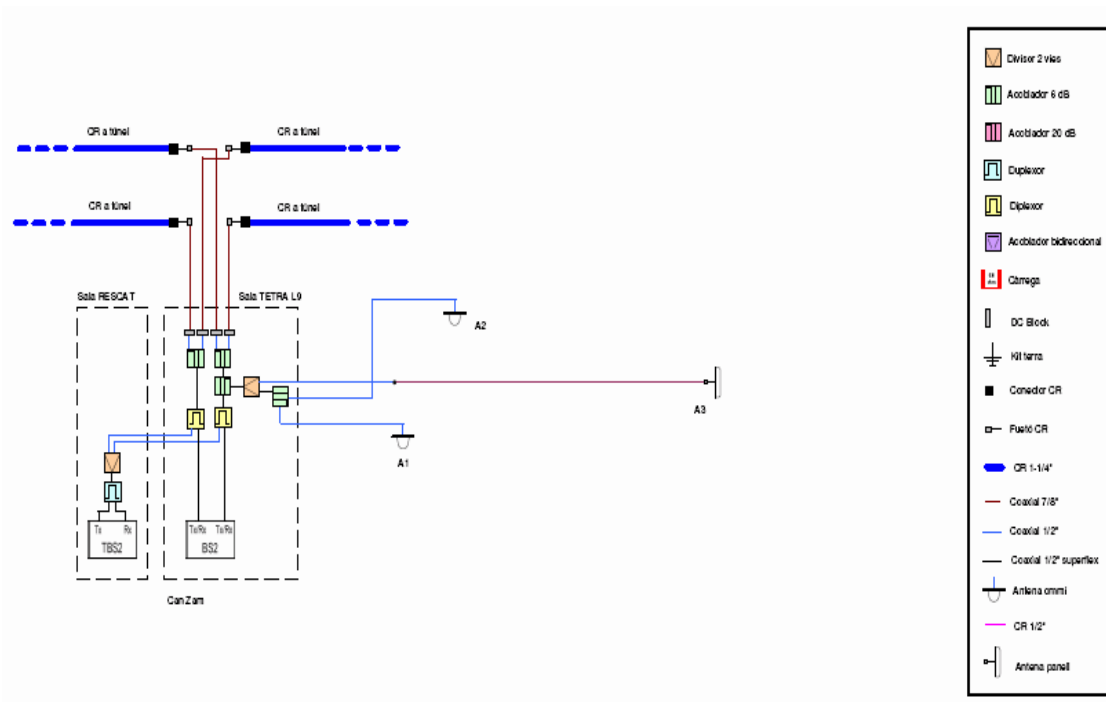


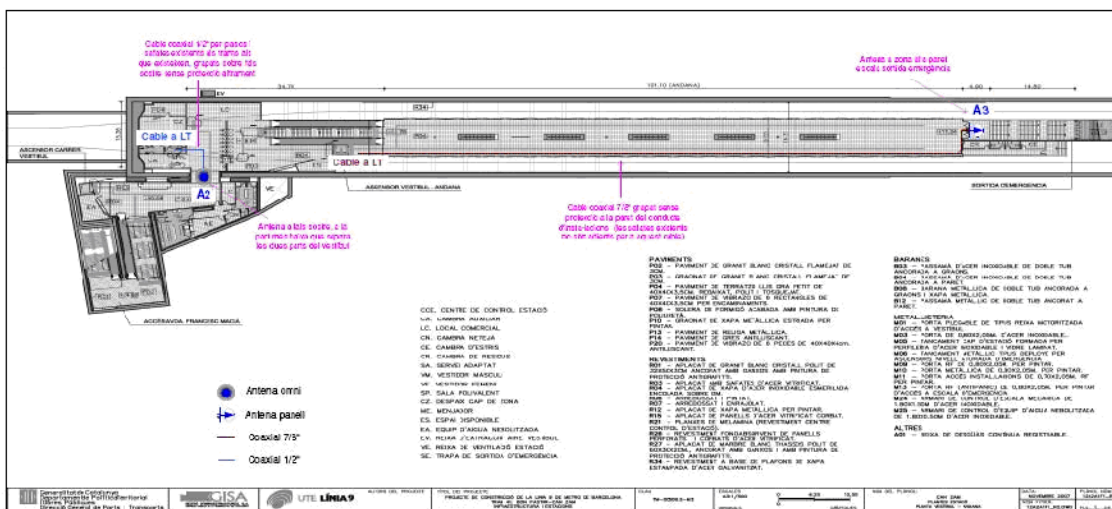
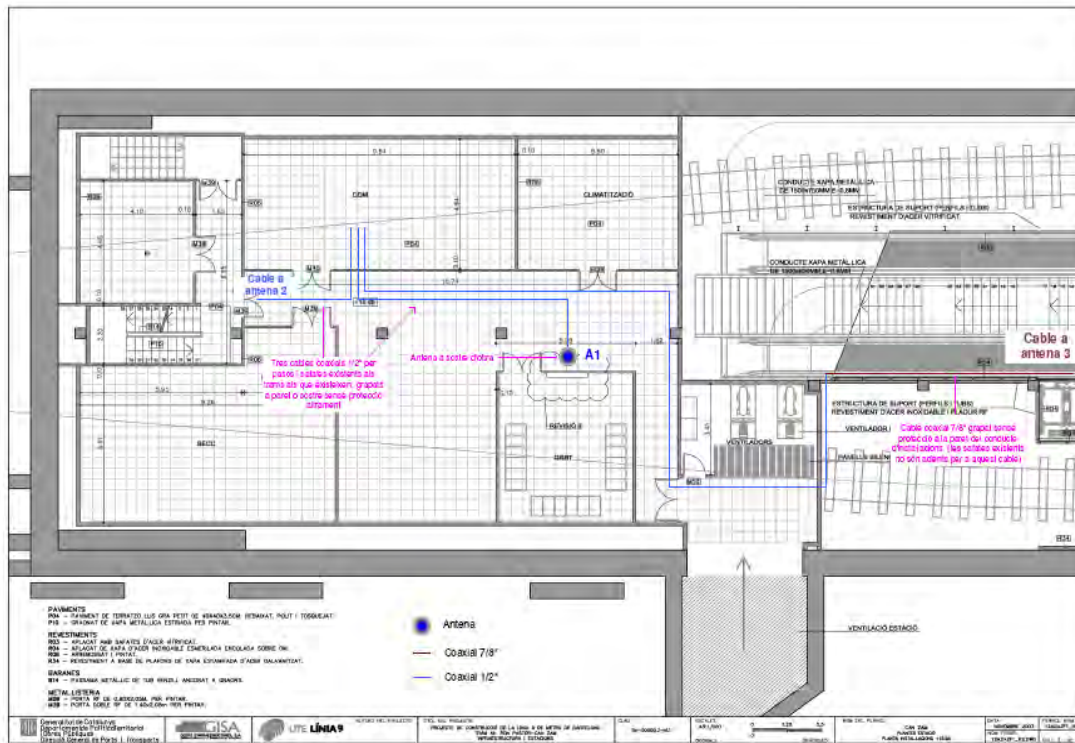
Cămin	2
B110	instalațiune optice / 1
B22	instalațiune optice / 2

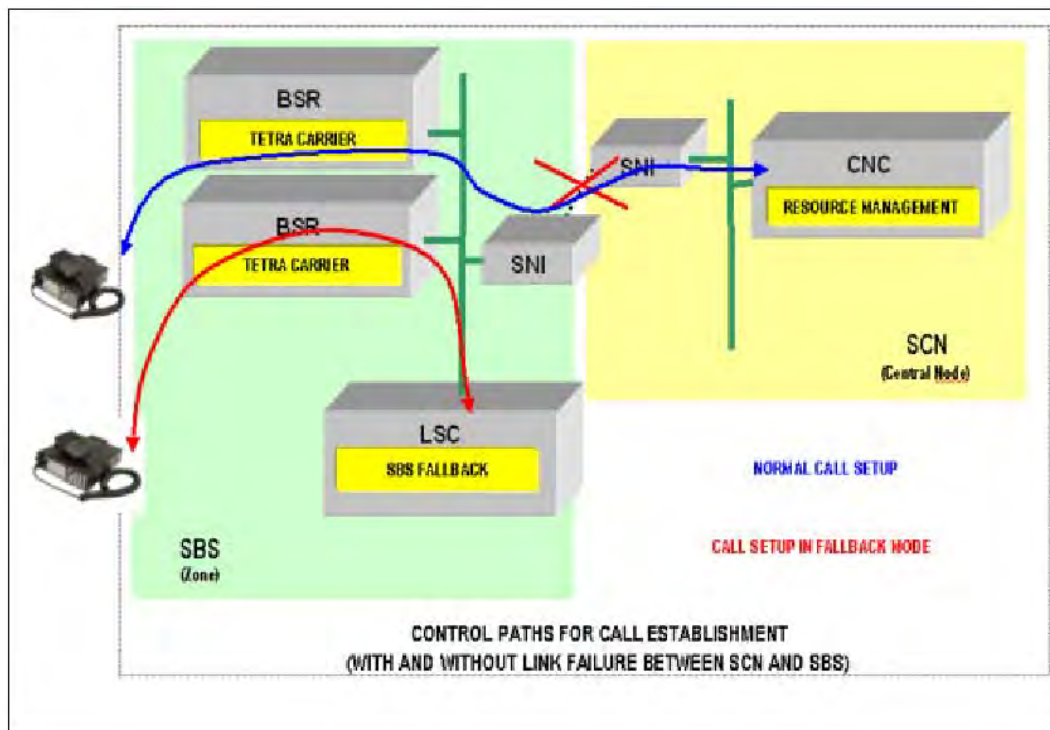
PLAN DE INSTALARE - NIVEL INSTALARE











La arquitectura física de la Línea 9 presenta dos puntos críticos de pérdida de operatividad, que debe ser sustentada y corregida mediante los correspondientes servicios de fallback de zona y sustitución del canal de control. Detallemos como actuaría en sistema en caso de fallo de alguno de estos puntos a continuación.

7.9.1. Pérdida de enlace entre la SBS y el nodo central

El LSC (Local Switching Controller), o controlador redundante de SBS se encuentra situado en la SBS vigilante el enlace entre la SBS y el CNC. En el momento en que el enlace cae, toma el control de la SBS, permitiendo que los abonados TETRA puedan seguir estableciendo comunicaciones localmente en la zona ("modo degradado") hasta que se restablezca la conexión.

7.9.2. Fallo de portadora en SBS4

En el caso de la L9, la portadora SBS4 es la portadora principal, es decir, que tiene el canal de control maestro. Frente al fallo de la misma, otra portadora puede asumir dicho canal de control, así como gestionar el tráfico de la zona y mantener la funcionalidad del sistema. Eso sí, la estación base, lógicamente, pierde la capacidad de gestión del tráfico.

7.10. Configuración de flotas, grupos y terminales

7.10.1. Flotas

Flota 1:	Trenes desde 9.000 hasta 9.200
Flota 2:	DT410 4001-4006
Flota 3:	Portátiles 4,100-4,199
Flota 4:	Portátiles, tren del 4200 hasta 4299
Flota 5:	Mantenimiento 4.300-4.399
Flota 6:	Vigilancia 4400-4.499
Flota 10:	Pruebas 8001-8010

7.10.2. Grupos

Grupo 900:	Emergencia (Incluye: Todas las flotas)
Grupo 901:	Portátiles (incluye: F2 DT410, F3 Portátiles, F4 Portátiles y tren)
Grupo 903:	Mantenimiento F4 Portátiles tren (Incluye: F2 DT410, F5 Mantenimiento)
Grupo 904:	Vigilancia (Incluye: F2 DT410, F4 Portátiles tren y F6 Vigilancia)
Grupo 999:	Pruebas (Incluye: F10 Pruebas)
Grupo 800.001 tren:	Depósito 1 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.002 tren:	Depósito 2 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.003 tren:	Depósito 3 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.004 tren:	Depósito 4 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.005 tren:	Depósito 5 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.006 tren:	Depósito 6 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800007 tren:	Depósito 7 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.008 tren:	Depósito 8 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 800.009 tren:	Depósito 9 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 801.000 tren:	Línea 1 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 802.000 tren:	Línea 2 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 803.000 tren:	Línea 3 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 804.000 tren:	Línea 4 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 805.000 tren:	Línea 5 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 806000 tren:	Línea 6 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)

Grupo 807.000 tren	Línea 7 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 808000 tren	Línea 8 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)
Grupo 809.000 tren	Línea 9 (Incluye: F2 DT410, F1 Trenes, F4 Portátiles)

7.10.2.1. Permisos de flotas generales

Envío de llamadas

Voz: Sí

Datos monoslot: Sí

Datos multislot: Sí

Estado: Sí

Datos cortas: Sí

Emergencia: Sí

Individuales: Sí

Grupo: Sí

Broadcast: Sí

Interflota: Sí

Recepción de llamadas

Individual: Sí

Datos en modo circuito: Sí

Estado: Sí

Datos cortas: Sí

Emergencia: Sí

Escucha ambiental: Sí

Permisos de servicio

PDP: Sí

PABX predefinida: 1

Permisos PSTN: Sí

PSTN a través de la PABX 1

7.10.2.2. Permisos de grupo generales

SBS permitidas: todas

Apoyo Late Entry: Activado tasa normal

Recepción de voz: Activado

Recepción de datos: Activado

Recepción de llamadas de emergencia: Activado

Recepción de datos cortas: Activado

Recepción de estado: Activado

7.10.2.3. Permisos específicos

A definir según operativa.

7.10.2.4. Cifrado y autenticación

Flota 1 Trenes: Sin autenticación ni cifrado

El diseño de la red se ha considerado que la red operará en la banda TETRA 410-430 MHz, y que todas las frecuencias asignadas estarán dentro de una misma sub-banda de 5 MHz.

De la misma forma, el ancho de banda de los canales deberán ser de 25 KHz, y la separación dúplex (distancia de Tx a Rx) será de 10 MHz.

Se ha realizado un plan de frecuencias que se reutilizan frecuencias cada 3 estaciones, ya que se considera que este patrón es suficiente para garantizar el buen funcionamiento de la red e implica unas necesidades de utilización de espectro radioeléctrico relajadas.

Las frecuencias asociadas a cada par no deberán ser consecutivas. A la hora de realizar la asignación de frecuencias deberán considerar los siguientes requisitos:

Separación entre frecuencias de una misma estación base: 250 KHz (f1-F11). Requisito obligatorio.

Separación entre frecuencias de estaciones base adyacentes: 75 KHz (f1-f4). Requisito deseable.

Frecuencias de una misma estación base no equiespaciadas: evitar asignaciones tipo F1-F11-F21-F31. Requerimiento deseable.

Las frecuencias asignadas a la red deberán permitir unas comunicaciones libres de interferencias para coexistir con otras redes que puedan operar en los exteriores. Este requisito se deberá tener en especial consideración en el caso de las estaciones que por su tipología radian más señal en los exteriores de las dependencias de la línea 9, ofreciendo por tanto cobertura superficial (especialmente el tramo de tipo viaducto entre Ciudad Europa y Zona Franca Litoral).

7.12. Descripción del sistema RESCAT

7.12.1. Descripción General

Sin extendernos mucho, comentaremos que la red RESCAT es la red de servicios TETRA que pertenece al cuerpo de bomberos y policía de la Generalitat de Barcelona.

A ella se pueden conectar exclusivamente los servicios de emergencia para un uso puntual de los recursos, dando cobertura radio a los equipos que se introduzcan en zonas por debajo de la superficie.

La red de emergencias RESCAT de la L9 no es una red independiente, sino que a todos los efectos representa una extensión o ampliación de la red RESCAT actual.

Para que este planteamiento sea posible, todo el equipamiento que integra la red RESCAT de la L9 estará conectado a la red RESCAT actual del Departamento de Interior de la Generalitat de Catalunya (en adelante "Red RESCAT de superficie").

La integración de la red RESCAT de la L9 en la red RESCAT de Superficie permite la conectividad entre el equipamiento RESCAT L9 con los sistemas disponibles en la red RESCAT superficie.

Para ofrecer el servicio de cobertura de emergencias de la red RESCAT dentro de los túneles y dependencias de la L9 se ha considerado el siguiente equipamiento:

- Estaciones base TB3
- Equipo de conmutación DXTip
- Multiplexor digital DN2
- Lugar de gestión operativa DWSx C

7.12.2. Equipamiento

7.12.2.1. Estaciones Base

Para ofrecer cobertura radio TETRA de la red RESCAT lo largo de los túneles y dependencias de la línea se instalan 30 estaciones base tipo TB3 de 2 portadoras de EADS.

Todas las estaciones base se ubican en bastidores y disponen de la misma configuración. La función de las TBS es proporcionar la interfaz aire entre los terminales móviles y la infraestructura de conmutación y gestión.

7.12.2.2. DXTip

DXTip L9 permite establecer la conexión entre el conmutador de la Red RESCAT de la Línea 9 con los conmutadores de la red RESCAT.

El camino físico para esta conexión es a través de radioenlaces entre PCC y CCOR. Sin embargo, como la conectividad entre los backbone IP del conmutador de L9 con el backbone IP del conmutador de CCOR es una conexión ethernet, mediante un router.

El bastidor básico o principal contiene todas las unidades esenciales del DXT, está dotado de 4 ventiladores para airear el compartimento.

7.12.2.3. DWSx C

En la red de emergencias de la Línea 9 se instala un puesto de despacho con el perfil de operador de comunicaciones (DWS C).

El DWSxC es el encargado de realizar todas las funciones relacionadas con la parte funcional de la red, siendo la gestión de los usuarios, organizaciones, grupos y coordinación operativa, necesarias para una óptima utilización del sistema por parte del conjunto de usuarios.

Existen diferentes niveles de derecho de los usuarios que se identifican en el sistema utilizando un nombre de usuario y contraseña, pudiendo el usuario posteriormente conectar-se desde cualquier DWS de la red con su identificación, manteniendo los derechos propios de su perfil.

7.12.2.4. DN2

El DN2 es un multiplexor digital SDH diseñado para mejorar la flexibilidad y optimizar el funcionamiento de las redes de transmisión digital SDH.

El DN2 enlaza el conmutador de la red Tetra con las estaciones base destinadas a ofrecer cobertura a lo largo de los túneles de la Línea 9. Asimismo también es el responsable de la conexión entre el sistema de conmutación de la red RESCAT de L9 con el sistema de conmutación de la red RESCAT de superficie.

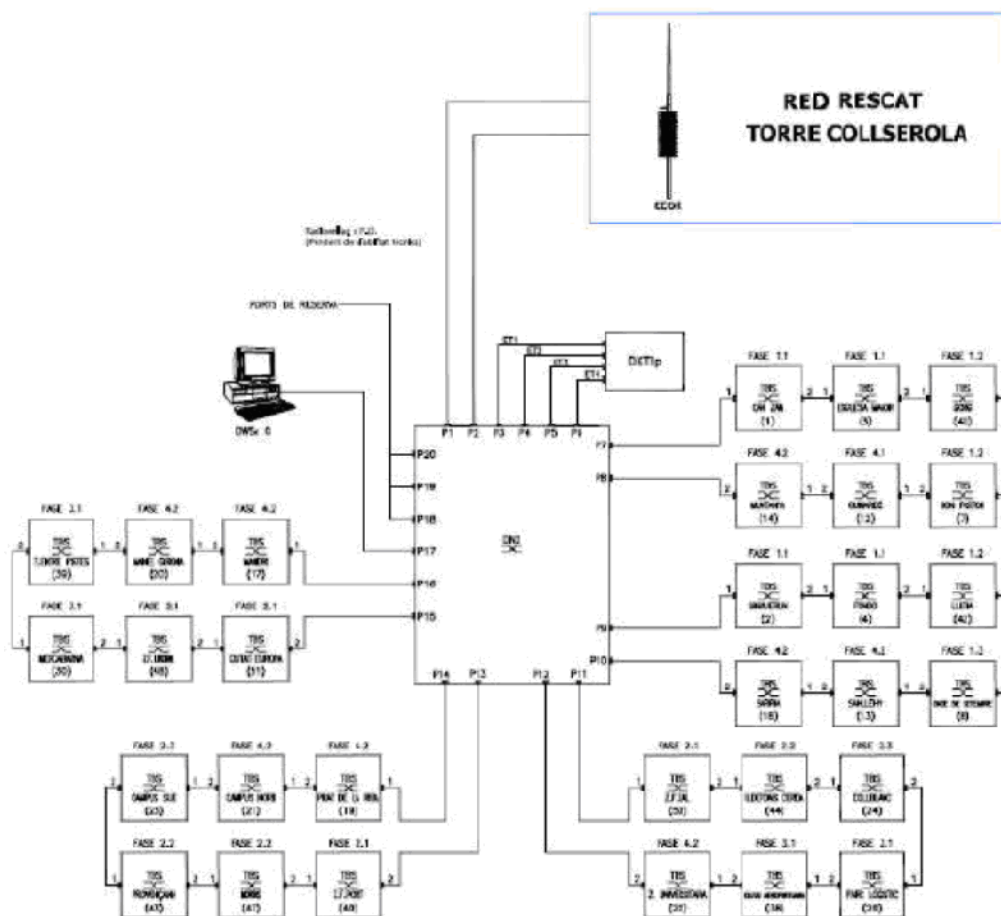
Por otro lado, el equipo DN2 es básico para poder crear una estructura de conexión tipo anillo entre los centros de conmutación (DXT) y las estaciones base.

7.12.2.5. OMUs y Rus

En todos los casos, el sistema radiante (cable radiante, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat tal y como se expresa en a lo largo del proyecto.

Datos básicos

Elementos	Modelo	Cantidad Elementos Sistema	Suministrador
Estación Base	TB3	30	EADS
Sistema de Conmutación	DXTip	1	ABERTIS
Puestos de gestión	DWSx	1	ABERTIS
Multiplexor digital	DN2	1	ABERTIS



7.12.3. Sistemas de Gestión

La extensión de la red RESCAT en la L9 del metro de Barcelona no contará con equipamiento para la gestión técnica dentro de las instalaciones de la L9, ya ésta se realizará desde el sistema de supervisión y gestión técnica de la red RESCAT de superficie.

7.12.4. Redundancias

7.12.4.1. Redundancia de equipamiento

7.12.4.1.1. Enlaces

Como se ha comentado anteriormente, la estación base TB3 dispone de un elemento específico, la tarjeta FXC, para conectarse a los sistemas de transmisión. La FXC permite implementar topologías en anillo o con enlace redundante. La conmutación entre el enlace principal y los enlaces o rutas de reserva se realiza de forma automática en base a una tabla de enrutamiento predefinida.

El cambio de una ruta a otra se produce sin ninguna interferencia por el servicio de la estación base y la vuelta a la ruta principal se realiza de forma automática una vez la ruta vuelve a estar disponible.

7.12.4.1.2. Punto de Gestión Técnica de la Red

En caso de caída del sistema de gestión de red, el DXT dispone de un terminal de operación y mantenimiento OMT que se conecta directamente mediante un puerto serie. En caso de caída de este terminal, el DXT ofrece la posibilidad de conectarse a otras salidas serie (con un PC portátil por ejemplo) que permitirán recuperar la supervisión del sistema.

Es posible también conectarse directamente a la unidad Omu para conocer el estado del conmutador.

En caso de caída de la unidad Omu, hay que recordar que los procesos en DXT están distribuidos. La avería de la unidad Omu no implica que el resto de unidades tengan una avería (las involucradas con los servicios a usuario, como ahora llamadas de voz y datos).

7.12.4.2. Redundancia de elementos

7.12.4.2.1. Centro de Conmutación

El Centro de Control Digital (DXTip) tiene duplicadas las unidades de computación principales, como la unidad de control de llamadas, la matriz de conmutación, los generadores de reloj o las unidades de memoria central.

Todos los componentes que participan directamente en el proceso de llamadas son redundantes, de mi manera que en caso de avería, el propio sistema sustituye automáticamente una unidad averiada por la que se encuentra en "reserva".

El funcionamiento en paralelo de las unidades de computación redundantes permite una recuperación (switchover) rápido en caso de avería de la unidad en servicio, sin necesidad de corte de servicio y / o molestias a los usuarios.

7.12.4.2.2. Estaciones Base

Las estaciones base a instalar podrían disponer de hasta 8 portadoras radio (TTRX). Ante la avería de una portadora, el resto de transeptores (TTRX) funcionarán normalmente.

En estaciones base de una portadora, se puede equipar una segunda portadora como medida de redundancia en caso de averías de la portadora principal.

En caso de que la estación base quede aislada del sistema de transmisión debido aviso de todos los enlaces o de la tarjeta FXC, la estación base seguirá funcionando en un modo de funcionamiento degradado denominado "modo fallback" (funcionalidad opcional).

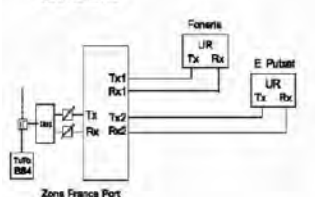
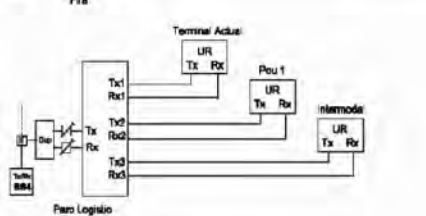
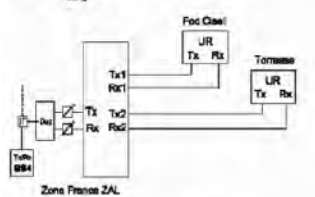
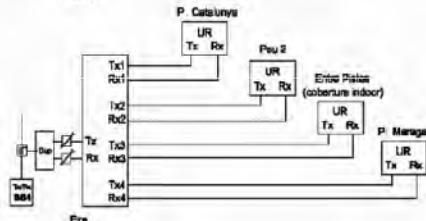
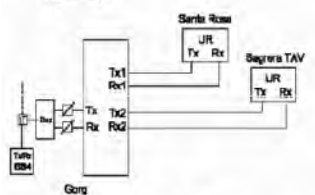
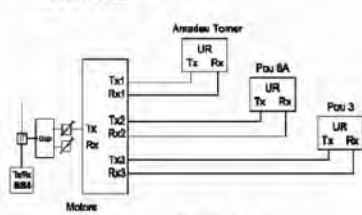
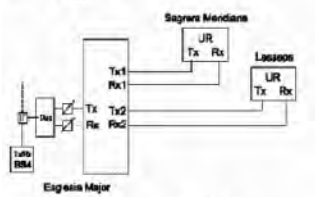
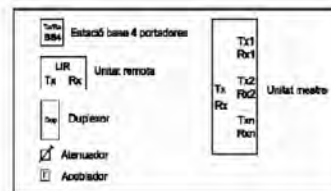
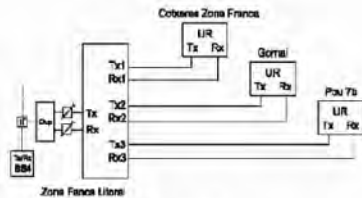
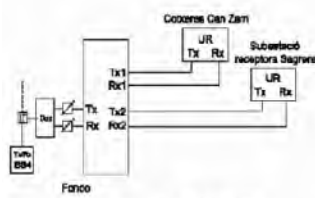
No debemos confundir la nomenclatura, ya que en este modo no están disponibles todas las prestaciones que ofrece el sistema TETRA como cuando funciona normalmente conectado al conmutador DXT.

En caso de configuración en anillo, o de enlaces duplicados, la estación base conmutará automáticamente entre las diferentes rutas de transmisión disponibles ante una avería en el enlace principal con el conmutador.

El sistema detectará automáticamente el momento en que la avería del enlace principal haya desaparecido y volverá a cambiar el enrutamiento de forma automática.

Los cambios de ruta no llevan asociado ningún tipo de corte o interferencia en el servicio de la estación base.

Elementos	Modelo	Temperatura	Humedad	Suministrador
Estación Base	TB3	-10 a +55 ° C	10% a 80% sin condensación	EADS, [DA-4]
Sistema de Conmutación		-5 A 40 ° C	10% a 80% sin condensación	Hipótesis por similitud como sis. electrónico modelo: 6025BTR + Referencia: SONY
Puestos de gestión	DWSx	-5 A 40 ° C	10% a 80% sin condensación	Hipótesis por similitud como sis. electrónico modelo: 6025BTR + Referencia: SONY
Multiplexor digital	DN2	-5 A 40 ° C	10% a 80% sin condensación	Hipótesis por similitud como sis. electrónico modelo: 6025BTR + Referencia: SONY



7.13.2. Diferentes tipos de arquitectura radio

7.13.2.1. Arquitectura radio asociada a los túneles

Se ha optado por la utilización de cable radiante 1-1/4 ".

En los tramos tipo L9 se ha previsto la utilización de 2 cables radiantes, 1 para cada túnel. En los túneles de tipo convencional se ha previsto la utilización de un solo cable radiante para ambos sentidos. En el caso de los tramos de tipo viaducto, se ha previsto la utilización de un solo cable radiante para cada tramo. Esto implica que no deberán existir obstáculos entre las dos vías, y que deberá ser posible instalar el cable radiante de forma que la distancia del cable radiante en cualquiera de las vías sea inferior a 8 metros. En caso contrario, deberá modificarse la solución deberán de utilizar 2 cables radiantes, 1 para cada vía.

En las estaciones con andenes laterales se ha previsto la utilización de un único cable radiante en la zona de andenes. Por otro lado, a las 7 estaciones con andenes centrales se ha previsto la utilización de un cable radiante para cada vía en la zona de andenes.

A lo largo del recorrido existen 19 pozos de evacuación donde se requiere cobertura. Se ha previsto cubrir los pozos mediante un acoplador bidireccional que extraerá señal del cable radiante del túnel y antenas.

A lo largo del recorrido de la Línea 9 existen 17 rampas donde se requiere cobertura. La solución del presente proyecto contempla la cobertura a las 17 rampas comentadas mediante acopladores bidireccionales que extraerán señal del cable radiante del túnel y cable radiante.

Respecto a las salas de confinamiento, salas técnicas, subestaciones de tracción, subestaciones receptoras, subestaciones de maniobra, cámaras de transformación de interestación, etc., Se ha informado de que, excepto la subestación receptora de Sagrera, estarán a menos de un metro del cable radiante de los túneles, que serán poco profundas y que el grosor y material de las paredes de separación será "estándar". Según esta información, no se ha previsto la utilización de equipamiento adicional para cubrir las dependencias mencionadas, ya que se prevé que serán cubiertas por el cable radiante longitudinal. En caso de que la situación final sea otra, la solución deberá revisarse.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante. En todos los casos, el sistema radiante (cable radiante, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

7.13.2.2. Arquitectura radio asociada a las estaciones tipo L9

A continuación se comentan los aspectos más relevantes de este tipo de estaciones, como la de Can Peixauet:

Según la información facilitada, el diseño se ha realizado considerando que todas las estaciones tipo L9 presentan la misma topología y constan de las siguientes plantas: nivel instalaciones, nivel andén inferior, nivel andén superior, paradas de emergencia (varias dependiendo de la estación), nivel salida de emergencia, nivel sotovestíbulo y nivel vestíbulo (con diferentes accesos dependiendo de la estación). El diseño contempla que los paros de emergencia, tanto las de los ascensores de gran capacidad como las de los ascensores PMR, son comunes.

En las plantas instalaciones, salida de emergencia y vestíbulo se ha previsto ofrecer cobertura mediante cable radiante de 1 / 2 "y antenas. En el resto de plantas se ha previsto ofrecer cobertura mediante antenas.

En las plantas inferiores (nivel instalaciones, nivel andén inferior, nivel andén superior) los pasos de cable entre plantas se realizarán por bajando de cables mediante cable coaxial. A partir de del nivel andén superior se instalará 1 cable radiante en cada una de las 2 escaleras de emergencia. Estos cables irán subiendo por las diferentes plantas se irá derivando señal para alimentar las diferentes antenas.

Esta misma operación se realizará a la escala que conecta el nivel salida de emergencia con la salida de emergencia.

Los extremos finales de los cables radiantes se cargarán con antenas para maximizar la zona de cobertura.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante de las estaciones.

En todos los casos, el sistema radiante (cable radiante, antenas, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

Una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones, y por tanto el tipo y cantidad de equipamiento necesario podría cambiar.

7.13.2.3. Arquitectura asociada a las estaciones tipo Viaducto

A continuación se comentan los aspectos más relevantes de las estaciones tipo viaducto, como la estación de Zona Franca ZAL:

El diseño del sistema de cobertura para las 4 estaciones de tipo viaducto se ha realizado en base a los planos disponibles, los cuales indican, entre otros aspectos, que estas estaciones serán iguales y tendrán 3 plantas (nivel acceso, nivel andenes y nivel superior).

Se ha previsto ofrecer cobertura mediante antenas.

Los pasos de cable entre plantas se realizarán por los bajantes de cables mediante cable coaxial.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante de las estaciones.

En todos los casos, el sistema radiante (antenas, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

Una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones, y por tanto el tipo y cantidad de equipamiento necesario podría cambiar.

7.13.2.4. Arquitectura asociada a las estaciones tipo convencional

A continuación se comentan los aspectos más relevantes de las estaciones de tipo convencional, como la de Mercabarna.

El diseño del sistema de cobertura para las 16 estaciones de tipo convencional se ha realizado en base a los planos disponibles. Otro factor a tener en cuenta es que no se dispone de planos de la mayoría de estaciones, ya que muchos aspectos están por definir. En estos casos, el diseño es puramente estimativo i por tanto podría ser modificado en un futuro.

Se ha previsto ofrecer cobertura mediante antenas.

Los pasos de cable entre plantas se realizarán por los bajantes de cables mediante cable coaxial.

Se ha previsto la utilización de acopladores, divisores, y diferentes elementos pasivos para distribuir las señales RF de los equipos radio de las salas técnicas (estaciones base, remotas, etc) de forma adecuada por el sistema radiante de las estaciones.

En todos los casos, el sistema radiante (antenas, acopladores y divisores, etc.) Será común para la Red de Radio Digital y la Red Rescat.

Una vez construidas las estaciones y realizados los replanteos y las medidas de campo, la solución inicialmente prevista podría sufrir modificaciones, y por tanto el tipo y cantidad de equipamiento necesario podría cambiar.

7.13.2.5. Arquitectura asociada a otras dependencias

7.13.2.5.1. Pozos de evacuación 1, 2, 3, 6^a y 7b

El aumento de la longitud del tramo entre Terminal Entre Pistas y la siguiente estación (Terminal Actual en M0 y Ciudad Aeroportuaria en M2) ha provocado que sea necesario ubicar amplificadores de cobertura a 3 de los pozos de evacuación del tramo comentado (pozos 1, 2 y 3).

También será necesario ubicar amplificadores de cobertura en el pozo 7b, entre las estaciones Mercabarna y Parc Logístic, y el pozo 6A, entre las estaciones Virgen de Montserrat y Intermodal.

La instalación de las unidades remotas se realizará fijando sus armarios en las paredes de los locales técnicos de comunicaciones.

Las unidades remotas deberán estar ubicadas cerca de los elementos pasivos de interconexión al sistema radiante y de la bandeja de interconexión de fibra óptica, ya que se interconecta eléctricamente con el sistema radiante y ópticamente con la bandeja de interconexión de fibras ópticas. También deberán estar cerca del cuadro eléctrico.

Para cada remota será necesario disponer de 2 fo's monomodo dedicadas a la bandeja de interconexión de fibras ópticas. La conexión entre las remotas y la bandeja de interconexión de fibras ópticas se realizará mediante latiguillos de fo.

En el diseño se ha asumido que las salas a las que deberá instalar las unidades remotas estarán correctamente acondicionadas y dispondrán de todos los servicios necesarios (FO, alimentación, etc.).

7.13.2.5.2. Subestación receptora de Sagrera

La estación de Sagrera tiene un carácter especial por diversos motivos. Ha sido el punto de partida de la L9, y en el primer tramo de inauguración. En realidad el tipo de arquitectura pertenece igual a una estación tipo L9, con todas sus peculiaridades, pero además, está dotada de una subestación destinada a la instalación y alimentación eléctrica de líneas. Ha sido necesario hacer una adaptación de líneas tras la implantación de la L9, además de instalar nuevos feeders, conexiones a catenaria, servicios auxiliares, sistemas de control y protección, sistemas de seguridad contra incendios y contra intrusos, y por supuesto y en lo que nos concierne, sistemas de comunicación.

Es una zona aislada y lógicamente carece de cobertura por ninguna de las repetidoras adyacentes. Se pensó que la solución óptima sería instalar una unidad remota que diera servicio en la subestación, y esto supone una arquitectura diferente a cualquier otro punto del trazado. Por esta razón se describe como algo especial.

Es por ello que al existir en la estación una subestación receptora, ésta misma requiere del mismo tratamiento, en términos de solución de cobertura, que una estación. Por tanto será necesario instalar una remota en la Subestación receptora de Sagrera. La instalación de la unidad remota se realizará fijando su armario a la pared del local técnico de comunicaciones.

La unidad remota deberá estar ubicada cerca de los elementos pasivos de interconexión al sistema radiante y de la bandeja de interconexión de fibra óptica, ya que se interconecta eléctricamente con el sistema radiante y ópticamente con la bandeja de interconexión de fibras ópticas. También deberá estar cerca del cuadro eléctrico.

Será necesario disponer de 2 fo's monomodo dedicadas a la bandeja de interconexión de fibras ópticas. La conexión entre la remota y la bandeja de interconexión de fibras ópticas se realizará mediante latiguillos de fo.

En el diseño se ha asumido que la sala a las que deberá instalar la unidad remota correctamente acondicionadas y dispondrán de todos los servicios necesarios (FO, alimentación, etc.).

8.-CONCLUSIONES

Hasta este momento, los sistemas de comunicaciones PMR analógicos han representado una solución óptima para multitud de aplicaciones de ámbito público y diversas empresas privadas. Sus mayores ventajas son la relación precio/coste, su gran facilidad de uso, la cobertura que tienen los sistemas y la posibilidad de acceso al canal mediante el PTT, utilizando sólo los recursos necesarios para cada usuario.

Sin embargo, y mirando ya al presente y futuro, tienen muchas desventajas que deben ser subsanadas, como la escalabilidad en el número de usuarios, no permitiendo hacer uso de la infraestructura existente si la red debe ser aumentada. También es un gran handicap el hecho de que no permitan la conectividad a sistemas nuevos, haciendo inviable la coexistencia de los equipos con nuevas tecnologías en el mercado.

Tampoco ofrecen ninguna solución para el servicio de datos, algo más que necesario en proyectos de grandes infraestructuras como el de la Línea 9 del metro de Barcelona que hemos estudiado.

Los equipos no son robustos, y no hay posibilidad de ofrecer seguridad y privacidad en las comunicaciones. Cualquiera que escanee la con otro equipo la frecuencia de trabajo puede interceptar las comunicaciones, con el consiguiente riesgo que eso supone en operaciones críticas.

También ha llegado el fatídico momento en el que los fabricantes apuestan por tecnologías más evolucionadas, dejando de fabricar equipos e infraestructura, por lo que cada vez esta tecnología tiene los días contados.

¿Por cuánto tiempo más los fabricantes van a soportar soluciones analógicas?

Paralelamente, tal vez podríamos pensar que los sistemas GSM son la respuesta a nuestras preguntas, puesto que han evolucionado rápidamente en los últimos tiempos llenando muchos de esos vacíos que la tecnología analógica no podía cubrir.

Indudablemente es una tecnología extendida a lo largo del planeta, con una facilidad de manejo muy superior, y que dispone de numerosas aplicaciones. Es importante destacar que los terminales suelen tener un precio muy accesible en comparación con los de comunicaciones privadas, y hay una variedad de fabricantes y modelos muy interesante. Presentan como mayor virtud la capacidad de roaming global, salvando eso sí, la mayor tarificación por acceso y uso dependiendo de la red en la que trabajemos.

Los principales inconvenientes de este sistema es que están diseñados pensando en el mercado masivo, y no en los usuarios privados. Por tanto, todavía no disponen de funcionalidades básicas en entornos profesionales, como son el acceso por PTT, las llamadas de grupo, etc. Debemos sumar que el tiempo de inicio de llamada es lento en comparación con los anteriores, y que supone un coste muy elevado cubrir las áreas rurales. Frente a una situación de crisis o emergencia, no aportan confianza alguna, puesto que no son sistemas autónomos al depender completamente del operador de red. ¿Cómo van a depender las misiones críticas de redes comerciales?

En resumen, para el entorno profesional, no pueden representar una solución, sino un complemento.

En cuanto al repaso sobre las tecnologías emergentes, hemos visto que la capacidad de transmisión de las redes W-LAN, WiMAX y las Redes Mesh ofrecen un importante crecimiento. También las tecnologías de radio definido en software (SDR), radio cognitiva (Cognitive radio), el Bluetooth, Zigbee o incluso la tecnología RFID son programas muy interesantes de investigación y desarrollo, y representan una oportunidad real de verdaderas mejoras. Pero analizando estas en profundidad vemos que en todo caso suponen un complemento a las tecnologías existentes, no una opción, aumentando la inteligencia en las redes inalámbricas, y aportando una mayor flexibilidad, selección, y un abanico de nuevas soluciones.

La tecnología TETRA (Terrestrial Trunked Radio) es un estándar elaborado por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que ha reunido propuestas de operadores de redes, administraciones nacionales, fabricantes de equipos y usuarios de servicios móviles para establecer una norma abierta para las comunicaciones móviles digitales troncales.

TETRA abarca desde aplicaciones de redes privadas a grandes sistemas públicos, manteniendo las características básicas de los sistemas PMR (Private Mobile Radio), como son el modo de comunicación directo y la llamada de grupo. Es capaz de interactuar con cualquier tipo de sistema de comunicaciones de forma transparente, ofreciendo diversos interfaces abiertos, como el interfaz aire (AI), que asegura operatividad entre terminales de distintos fabricantes, o el interfaz con el equipo terminal (PEI), que facilita el desarrollo de aplicaciones móviles de datos independientes.

También ofrece el interfaz de interconexión de sistemas (ISI), que permite la interconexión de redes TETRA de distintos fabricantes, y la operación en modo directo (DMO), que garantiza la comunicación entre terminales fuera del ámbito de cobertura de la red.

Sus características principales son la seguridad (encriptación), la completa movilidad, la alta disponibilidad, el uso de la tecnología GPS, la jerarquía de equipos, la coexistencia de grupos y diversidad de tipos de llamada con prioridades diferenciadas, incluso grupos dinámicos.

Ofrecen un rápido establecimiento de las llamadas, aportan identificación del llamante, posibilitan el roaming y el hand over, además de ofrecer multitud de servicios de datos, como la transmisión de datos en modo de circuitos con/sin protección de grado seleccionable, de paquetes de datos orientados a conexión y sin conexión, el envío de datos cortos (SDS) de diferentes tipos, y el TEDS (TETRA Enhanced Data Service).

Además ofrece una gran variedad de servicios suplementarios:

- Llamada autorizada por equipo de despacho
- Selección de área de trabajo
- Cambio de prioridad de acceso
- Llamada de prioridad
- Llamada de emergencia
- Incorporación a llamada en curso
- Monitorización discreta de llamada en curso
- Activación remota de escucha de ambiente
- Asignación dinámica de grupo
- Identificación de llamante / llamado
- Identificación de hablante en llamada de grupo

- Redireccionamiento de llamadas
- Marcación abreviada
- Llamada en espera
- Llamada de inclusión
- Limitación de entradas entrantes / salientes

Y posibilita una alta seguridad de las comunicaciones

- Autenticación mutua entre el terminal y la infraestructura
- Autenticación del Usuario
- Cifrado Protocolo Aire:
 - Clase 2: SCK Estática
 - Clase 3 DCK Dinámica
 - “OTAR”: Cambio de claves vía radio
 - Cifrado entre extremos.”E2EE”
- Gestión de Seguridad
 - Deshabilitación de terminales robados.
 - Enable/disable (hasta inutilizar un terminal)

Como conclusión, y después de analizar en profundidad las soluciones que nos aporta la tecnología TETRA frente a sus principales alternativas, podemos observar que cualquier otra tecnología significa una solución incompleta a los requerimientos de los usuarios PMR, y que, en la práctica, TETRA es la única tecnología que cubre todas las necesidades de misiones críticas, supliendo las carencias que los sistemas analógicos eran incapaces de aportar.

TETRA se combina con las tecnologías comerciales y emergentes para facilitar una solución completa e integrada con seguridad e interoperabilidad, es flexible y escalable desde soluciones de un solo sitio hasta proyectos nacionales. Y como hemos visto, el estándar goza del apoyo de un gran número de proveedores prestigiosos a nivel mundial, y el estándar sigue evolucionando y mejorando.

9.-ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1.** Logo TETRA. Ref [2]
Figura 2.2. Modelo serie-paralelo de sistemas redundantes. Ref [2]
Figura 2.3. Elementos que intervienen en la llamada TETRA. Ref[3]
Figura 2.4. Cálculo de disponibilidad. Ref[3]
Figura 2.5. Bandas y separación frecuencial. Ref[3]
Figura 2.6. Estructura Time Division Multiple Access. Ref[3]
Figura 2.7. Contenido de las tramas. Ref[3]
Figura 2.8. Frecuencias de subida y bajada entre terminales. Ref[3]
Figura 2.9. Frecuencias de subida y bajada entre terminales. Ref[3]
Figura 2.10. Proceso de codificación de audio. Ref[3]
Figura 2.11. Niveles del protocolo Aire. Ref[3]
Figura 2.12. Proceso de cifrado KSG. Ref[3]
Figura 2.13. Proceso de autenticación entre terminal y centro. Ref[3]
Figura 2.14. Velocidad disponible según tipo de llamada. Ref[3]
Figura 2.15. Eficiencia espectral de los sistemas móviles. Ref[3]
Figura 2.16. TEDS anchos de banda de canal de RF y los tipos de datos. Ref [3]
Figura 2.17. Relación cobertura/ bitrate de los diferentes modos de trabajo de TEDS. Ref [3]
Figura 2.18. Cobertura TEDS frente a WiFi y WiMAX. Ref [3]
- Figura 3.1.** Topología física mundo síncrono-asíncrono. Ref[3]
Figura 3.2. Protocolos y funcionamiento en TETRA. Ref[3]
Figura 3.3. Diferentes planos en el uso y protocolos asociados. Ref[3]
Figura 3.4. Esquema típico y conexión TETRA. Ref[3]
Figura 3.5. Tipos de conexión y tipos de enlace. Ref[3]
Figura 3.6. Tipología de red con enlaces síncronos. Ref[3]
Figura 3.7. Tipología de red con enlaces asíncronos L2. Ref[3]
Figura 3.8. Enlaces asíncronos L3. Ref[3]
Figura 3.9. Redundancia completa en sistema TETRA. Ref[3]
Figura 3.10. Esquema de redundancia de enlaces síncronos (G703/G704, V.35,...). Ref [3]
Figura 3.11. Canales de control para el establecimiento de llamada, en caso de un corte en el camino. Ref [3]
Figura 3.12. Servicios soportados en TETRA. Ref[3]
Figura 3.13. Pila de servicios TCP/IP. Ref[3]
Figura 3.14. Conexión físico del sistema TETRA. Ref[3]
Figura 3.15. Topologías de red. Ref[3]
Figura 3.16. Topología de red centralizada. Ref[3]
Figura 3.17. Topología de red en línea. Ref[3]
Figura 3.18. Topología de red en anillo. Ref[3]
Figura 3.19. Topología de red distribuida. Ref[3]
Figura 3.20. Grupos de zonas. Ref[3]
Figura 3.21. Centro de switch regional. Ref[3]
Figura 3.22. Gateway ISDN Telefónico BRI. Ref[6]
Figura 3.23. Gateway SMS-GSM. Ref[6]

- Figura 3.24.** Gateway ISDN Telefónico PRI. Ref[6]
- Figura 3.25.** Diagrama de conexión Gateway analógico y terminal con encriptación aire. Ref[6]
- Figura 3.26.** Gateway analógico telefónico. Ref[6]
- Figura 3.27.** Diagrama de conexión Gateway VoIP. Ref[6]
- Figura 3.28.** Gateway VoIP. Ref[6]
-
- Figura 4.1.** Módulos funcionales del NMS. Ref[9]
- Figura 4.2.** Vista del NMS-PRO y del PRO Switch
- Figura 4.3.** Discos RAID de almacenamiento del NMS. Ref[9]
- Figura 4.4.** Vista de los componentes en el módulo de gestión de fallos. Ref[9]
- Figura 4.5.** Monitorización de la infraestructura mostrada en un Cliente NMS: Estado del SCN. Ref[9]
- Figura 4.6.** Histórico de Incidencias en un Cliente NMS. Ref[9]
- Figura 4.7.** Estadísticos y Reportes de Tráfico mostrados en un Cliente NMS. (Consola de tráfico y reportes). Ref [14]
- Figura 4.8.** Histórico Tarjeta de sincronismo SYNC. Ref[9]
- Figura 4.9.** Esquema utilizando XCN. Ref [9]
- Figura 4. 10.** N° Usuarios simultáneos enviando paquetes = (Tamaño medio de paquete en bits / 3). Ref [7]
- Figura 4.11.** Selección de Grupos por ISSI's de usuario. Ref [7]
- Figura 4.12.** (*) (Circuit data FTP & paquetes 250 bytes / Packet Data FTP con paquetes de 1500 bytes). Ref [7]
- Figura 4.13.** Compatibilidad en función de la clase de seguridad. Ref [18]
-
- Fig. 5.1.** Modelo Nokia THR-850. Soporta protocolo WAP. Ref [7]
- Fig. 5.2.** Modelo Nokia THR-420. Terminal adaptado al uso de servicios de emergencia. Ref [7]
- Figura 5.3.** Teltronic MDT-400. Ref [7]
- Figura 5.4.** Nokia TMR-420. Ref [7]
- Figura 5.5.** Equipo DT-410 de Teltronic. Ref [6]
- Figura 5.6.** Indicaciones HTT-500. Ref [6]
- Figura 5.7.** Indicadores de batería y señal. Ref [6]
- Figura 5.8.** Cargador individual. Ref [6]
- Figura 5.9.** Cargador múltiple HTT-500. Ref [6]ç
- Figura 5.10.** Antena helicoidal de y de cuarto de onda. Ref [6]
- Figura 5.11.** Frontal remoto del MDT-400. Ref [6]
- Figura 5.12.** Ubicación del cuerpo. Ref [6]
- Figura 5.13.** Equipo completo con microaltavoz. Ref [6]
- Figura 5.14.** Microauricular. Ref [6]
- Figura 5.15.** Accesorios manos libres. Ref [6]
- Figura 5.16.** Equipo de sobremesa DT-410. Ref [6]
- Figura 5.17.** Funciones principales de la UC. Ref [4]
- Figura 5.18.** Equipo móvil con unidad de control D026543, de Teltronic. Ref [4]
- Figura 5.19.** Unidad de control con dos accesorios de audio independientes. Ref [4]
- Figura 5.20.** Posibles ubicaciones de la unidad móvil en motocicleta. Ref [4]
- Figura 5.21.** Diferencias entre las dos UC's para motocicleta. Ref [4]
- Figura 5.22.** Unidad de control montada en motocicleta. Ref [4]
- Figura 5.23.** Diagrama general en sistemas embarcados en autobús. Ref [5]

- Figura 5.24.** Diagrama general en sistemas embarcados en autobús. Rack compacto. Ref [5]
- Figura 5.25.** Diagrama general en sistemas embarcados de metro ligero. Ref [5]
- Figura 5.26.** Diagrama general en sistemas embarcados en metro ligero. Modelo simplificado. Ref [5]
- Figura 5.27.** Diagrama de conexión en metro. Rack único con dos consolas. Ref [5]
- Figura 5.28.** Diagrama de conexión en metro. Dos racks con dos consolas. Ref [5]
- Figura 5.29.** Diagrama de conexión en metro. Dos racks con redundancia con dos consolas. Ref [5]
- Figura 5.30.** Modelo de estrategia para la explotación SAE. Ref [13]
- Figura 5.31.** Sistema SAE como ejemplo de ITS. Ref [13]
- Figura 5.32.** Videowall en el Centro de Control SAE de TMB. Ref [7]
- Figura 5.33.** Operarios del Centro de Control SAE de TMB. Ref [13]
- Figura 5.34.** Estación Base Móvil montada sobre vehículo militar
- Figura 5.35.** Detalle de la instalación de la Estación Base Móvil.
- Figura 6.1.** Integración de servicios básicos en el Centro de Control. Ref [2]
- Figura 6.2.** Modelo de gestión con Base Principal. Ref [3]
- Figura 6.3.** Modelo de gestión con Matriz de Conmutación. Ref [2]
- Figura 6.4.** Servicios del Centro de Control CeCoCo de Teltronic. Ref [4]
- Figura 6.5.** Módulo GIS. Ref [4]
- Figura 6.6.** Capacidad de memoria. Ref [5]
- Figura 6.7.** Cartografía GIS. Ref [2]
- Figura 6.8.** Módulo de históricos del Centro de Control. Ref [2]
-
- Figura 7.1.** Trazado de la L9/L10 del Metro de Barcelona. Ref [17]
- Figura 7.2.** Tramos por fases de inauguración L9/L10 del Metro de Barcelona. Ref [17]
- Figura 7.3.** Arquitectura de la red TETRA de la L9. Ref [18]
- Figura 7.4.** Topología de la red de amplificadores de cobertura. Ref [18]
- Figura 7.5.** Red de distribución de megafonía embarcada. Ref [17]
- Figura 7.6.** Diagrama de comunicaciones telefonía embarcada. Ref [17]
- Figura 7.7.** Red de distribución de interfonía embarcada. Ref [17]
- Figura 7.8.** Diagrama de comunicaciones de interfonía embarcada. Ref [17]
- Figura 7.9.** Arquitectura lógica de la red TETRA L9. Ref [17]
- Figura 7.10.** Red de transporte TETRA L9. Ref [17]
- Figura 7.11.** Interfaz TETRA- Telefonía/Interfonía L9. Ref [17]
- Figura 7.12.** Escenario de la interfaz con material embarcado L9. Ref [17]
- Figura 7.13.** Encapsulación de protocolo sobre SDS. Ref [17]
- Figura 7.14.** Esquema de acceso interfaz TETRA-telefonía / Interfonía. Ref [17]
- Figura 7.15.** Conexión red interna NEBULA. Ref [17]
- Figura 7.16.** Grado de servicio requerido por estaciones. Ref [17]
- Figura 7.17.** Grado Arquitectura de red estación tipo L9. Ref [17]
- Figura 7.18.** Nivel instalaciones tipo L9. Ref [17]
- Figura 7.19.** Nivel andén inferior estación tipo L9. Ref [17]
- Figura 7.20.** Nivel andén superior estación tipo L9. Ref [17]
- Figura 7.21.** Nivel superior estación tipo viaducto. Ref [17]
- Figura 7.22.** Nivel andenes estación tipo viaducto. Ref [17]
- Figura 7.23.** Nivel acceso estación tipo viaducto. Ref [17]
- Figura 7.24.** Arquitectura de red estación tipo convencional. Ref [17]
- Figura 7.25.** Nivel instalaciones estación tipo convencional. Ref [17]
- Figura 7.26.** Vestíbulo, andenes y salida de emergencia en estación de tipo

convencional. Ref [17]

Figura 7.27. Canales de control para el establecimiento de llamada, en caso de un corte en el camino. Ref [17]

Figura 7.28. Distribución y reutilización de frecuencias por estaciones. Ref [17]

Figura 7.29. Lista de componentes de RESCAT. Ref[17]

Figura 7.30. Diagrama general del sistema. Ref [17]

Figura 7.31. Condiciones entorno componentes de RESCAT. Ref [17]

Figura 7.32. Topología de red Amplificadores de Cobertura. Ref [17]

10. BIBLIOGRAFÍA

Referencia escrita:

- [1] Tassinari, R. (1994) El Producto adecuado. Práctica del análisis funcional. Marcombo Boixareu editores. Barcelona.
- [2] Hernando Rábanos, J. (1998) Ingeniería de sistemas Trunking. Editorial Sintensis. Madrid.
- [3] ETS 300 392-1: Terrestrial Trunked Radio (TETRA): Voice plus Data (V+D);.

Webs:

- [4]Tecnologías de emergencia Canaria , Página Web, URL <http://www.emergencias112.net>
- [5]Third-Generation Partnership Project, 3GPP. Página Web, URL <http://www.3gpp.org>
- [6] Programa IPERF, generador de flujo UDP y TCP. Página Web, URL <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf>
- [7] Universal Mobile Telecommunications System,UMTS Forum. Página Web, URL <http://www.umts-forum.org/>
- [8] Rohill. Página Web, URL <http://www.rohill.com>
- [9] Nokia. Página Web, URL <http://www.nokia.com>
- [10] Motorola. Página Web, URL <http://www.motorola.com>
- [11] Tetra Mou Association. Página Web, URL <http://www.tetramou.com/>
- [12]Teltronic S.A.U. España. Página Web, URL <http://www.teltronic.es/>
- [13] Advanced, soluciones GPS. Página Web, URL <http://www.advanced.es/sng310.htm>
- [14] Conversor 24- 12V de Alfatronix. Página Web, URL <http://www.radcom-radio.com/>
- [15] TETRA release 2. Página Web, URL <http://www.etsi.org/etsi%5Fradar/cooking/rub7/tetra.htm>
- [16] Federal Communications Commission, Página Web, URL <http://www.fcc.gov/aboutus.html>
- [17] UTE Energía Línea 9. Página Web, URL <http://www.cel9.com>
- [18] Generalitat de Catalunya. Página Web, URL <http://www.gencat.cat>
- [19] Transports Metropolitans de Barcelona. Página Web, URL <http://www.tmb.es>