



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



Ingeniería, Estudios
y Proyectos

NIP, S. A.

TRABAJO DE FINAL DE CARRERA

TITULO DEL TFC: Diseño de una infraestructura para dar cobertura de telefonía móvil 2G y 3G en el interior de una línea de metro

TITULACION: Ingeniería Tècnica de Telecomunicació, especialitat Sistemes de Telecomunicació

AUTOR: Jordi Roca Balselles

DIRECTOR: Francisco David Lainez

SUPERVISOR: Javier Villares Piera

FECHA: Abril del 2010

Título: Diseño de una infraestructura para dar cobertura de telefonía móvil 2G y 3G en el interior de una línea de metro

Autor: Jordi Roca Balsells

Director: Francisco Javier Lainez

Supervisor: Javier Villares Piera

Fecha: Abril del 2010

Resumen

En la actualidad el 99% del territorio Español dispone de cobertura de telefonía móvil. Aún y así, en las grandes ciudades, aún existen algunas zonas con características particulares donde es necesario realizar diseños especiales para ofrecer servicio.

Algunas de estas zonas que aun presentan un déficit de cobertura son aquellas infraestructuras situadas en el subsuelo tales como parkings o túneles de la red ferroviaria o de metro. Este déficit es debido a su naturaleza subterránea donde las ondas electromagnéticas emitidas por las estaciones base situadas en el exterior no pueden penetrar. Estas zonas requieren que se proporcione una solución indoor, ya sea repitiendo la señal desde fuera hacia dentro o mediante la implantación de nuevas estaciones base en su interior.

De esta forma, este proyecto realiza el diseño de la infraestructura necesaria para ofrecer cobertura en el interior de la red de metro. Se analizan las problemáticas de este tipo de infraestructuras y que soluciones están aportando hoy en día las operadoras. Al mismo tiempo se presenta el diseño de las etapas radio y de transporte de la señal de telefonía móvil.

Title: Designe a infraestructure to offer telephone mobile coverage (2G and 3G) inside a tube network way.

Author: Jordi Roca Balsells

Director: Francisco Javier Lainez

Supervisor: Javier Villares Piera

Date: April, 2010

Overview

Nowadays mobile coverage is available in 99% of Spanish territory. Even so, there are some areas in big cities, with special characteristics, where it is necessary to carry out special designs with the target of achieving total coverage.

Some of this areas, which still have coverage deficit, are infraestructures placed underground, i.e. car parks or tube network tunnels. This deficit is due to their underground location, where electromagnetic waves emitted by external stations can not penetrate the surface. These areas need an special indoor solutions, whereby the source of the signal is repeated from outside to inside the underground location or by installing new base stations inside tunnels.

In this way, this project accomplishes necessary infraestructure design to offer desired coverage inside the tube network. To develop this infraestructure, particular problems in the tube and current solutions provided by mobile network operators have been analysed, and at the same time, new radio design and mobile signal transporting technologies are being developed.

INDICE

-	
-	
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. OBJETO Y ALCANCE	3
1.1. Escenario.....	3
1.2. Zona a la que se dará cobertura.....	4
1.3. Requisitos y especificaciones técnicas.....	5
1.3.1. Directrices generales de diseño.....	5
1.3.2. Directrices para el diseño del Sistema Radiante (SSRR).....	6
1.4. Directrices de Metro.....	7
CAPITULO 2. ARQUITECTURA DE RED GSM/DCS/UMTS	8
2.1. Arquitectura de la red de telefonía móvil GSM/DCS.....	8
2.1.1. Subsistema de red y conmutación (NSS).....	9
2.1.2. Subsistema de Estación base (BSS).....	9
2.1.3. Subsistema de Estación móvil (MS).....	9
2.1.4. Características del Subsistema BSS.....	10
2.2. Arquitectura de Red UMTS.....	11
2.2.1. Subsistema de Núcleo de Red (CN).....	12
2.2.2. Subsistema de Acceso Radio (UTRAN).....	12
2.2.3. Subsistema de Equipo de Usuario (UE).....	12
2.2.4. Características del Subsistema UTRAN.....	12
CAPITULO 3. ANALISIS DE SOLUCIONES PARA LA COBERTURA EN INTERIORES DE TUNEL.....	14
3.1. Condiciones iniciales de cálculo.....	14
3.2. Solución con cable radiante.....	15
3.2.1. Solución con un único cable Radiante.....	15
3.2.2. Solución con dos cables radiantes.....	16
3.3. Solución con Antenas.....	18
3.3.1. Solución con una sola antena.....	18
3.3.2. Solución con dos antenas.....	19
3.4. Conclusiones.....	20
CAPITULO 4. DESCRIPCION DE LA SOLUCION TECNOLOGICA	23
4.1. Ubicación de la BTS y Equipos Radio.....	23
4.1.1. Equipos radio BTS y NODOS-B.....	24
4.1.2. Dimensiones de los equipos y su alimentación.....	24
4.1.3. Sala de equipos.....	26
4.2. Sistema Radiante (SSRR).....	27
4.2.1. Compartición del sistema radiante.....	27
4.2.2. Antenas escogidas para túneles.....	28
4.2.3. Antenas escogidas en andenes y vestíbulos.....	29
4.3. Sistema de repetidores ópticos (distribución de la señal radio).....	29
4.3.1. Sistema de repetidores de fibra óptica.....	30

4.4. Sectorización.....	31
4.5. Enlace de transmisión.....	32
4.5.1. Alcance de las infraestructuras a implementar.	33
4.5.2. Infraestructura común para la transmisión.....	33
4.5.3. Infraestructura para la transmisión del operador 1.	34
4.6. Esquema global	35
CAPITULO 5. DISEÑO DEL SISTEMA RADIANTE (SSRR).....	36
5.1. Diseño de la etapa de combinación de operadores (ECO)	36
5.1.1. Diseño ECO 1	36
5.1.2. Diseño ECO 2	38
5.2. Pérdidas a considerar y características básicas de antenas.....	38
5.2.1. Diseño del unifilar	39
5.2.2. Balance de potencia del sistema distribuido de antenas	41
CAPITULO 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE REPETIDORES OPTICOS.....	44
6.1. Tendido de fibra óptica.....	44
6.2. Equipos de fibra óptica.....	45
6.2.1. Unidad Master.	45
6.2.1.1. Módulo VAM	45
6.2.1.2. Módulo RCM.....	46
6.2.1.3. Módulo OCM	46
6.2.2. Repetidores.	47
6.2.3. Conexionado de los equipos de F.O.....	48
6.3. Esquema general de fibras.	48
CONCLUSIONES E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	51
Conclusiones	51
Impacto Medioambiental	52
Impacto Visual	52
Impacto acústico.....	53
Emisiones de sustancias que agoten la capa de ozono	54
Emisiones electromagnéticas	54
Generación de residuos	54
DEFINICIONES	55
BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS	59
ANEXO A. CALCULO COMPARATIVO DE POTENCIAS Y ATENUACION..	61
A.1. Características del cable radiante.....	62
A.2. Utilizando un cable radiante con amplificadora intermedios.	63
A.3. Características de antena	63

A.4. Cálculo para un solo cable radiante.....	64
A.5. Cálculo para dos cables radiantes.....	66
A.6. Cálculo para una sola antena	67
A.7. Cálculo de dos antenas	69
ANEXO B. CARACTERISTICAS DE LOS CABLES Y CONECTORES RF....	71
ANEXO C. CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS	102
ANEXO D. CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS PASIVOS	109
ANEXO E. CARACTERISTICAS UNIDAD MASTER Y REPETIDORES OPTICOS	123
ANEXO F. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS GSM/DCS/UMTS	129
ANEXO G. UNIFILARES ESTACIONES Y NIVELES DE POTENCIA.....	136
G.1. Unifilar Av. Hospital	137
G.2. Unifilar Paseo Marítimo	139
G.3. Unifilar Centro Ciudad	141
G.4. Unifilar Cercanías	143
G.5. Unifilar Pl. España	145
G.6. Unifilar Rondas	147
G.7. Unifilar Pl. Europa	149
G.8. Unifilar Aeropuerto	151
ANEXO H. PRESUPUESTO.....	153
ANEXO I. MODELO DE PROPAGACION Y CONDICIONES	155

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Tramo de la línea de metro	5
Fig. 2.1. Arquitectura de red GSM/DCS	8
Fig. 2.2. Subsistema BSS	10
Fig. 2.3. Arquitectura de red UMTS.....	11
Fig. 2.4. Subsistema UTRAN	13
Fig. 3.1. Instalación de un único cable radiante	16
Fig. 3.2. Pérdidas respecto la distancia y potencia radiada con un único cable radiante	16
Fig. 3.3. Instalación de dos cables radiantes.....	17
Fig. 3.4. Pérdidas respecto la distancia y potencia radiada con dos cables radiantes	17
Fig. 3.5. Instalación de una sola antena.....	18
Fig. 3.6. Pérdidas respecto la distancia y potencia radiada con una antena	19
Fig. 3.7. Instalación de dos antenas.....	19
Fig. 3.8. Perdidas respecto la distancia y potencia radiada con dos antenas ..	20
Fig. 4.1. Esquema de una estación base	23
Fig. 4.2. Ubicación de la sala de equipos radio.....	26
Fig. 4.3. Esquema del sistema distribuido de antenas y etapa de combinación	28
Fig. 4.4. Esquema de repetidores ópticos	30
Fig. 4.5. Esquema de transmisión	34
Fig. 4.6. Esquema general del diseño	35
Fig. 5.1. Etapa ECO 1	37
Fig. 5.2. Etapa ECO 2	38
Fig. 5.3. Unifilar	40
Fig. 5.4. Ramal 1	41
Fig. 6.1. Unidad Master	45
Fig. 6.2. Esquema general de conexionado de fibras ópticas	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Comparativa entre cable radiante y antenas	21
Tabla 4.1: Tecnologías por operador y equipos radio utilizados	24
Tabla 4.2: Distribución de sectorización y equipos a instalar por ubicación.....	32
Tabla 5.1: Potencias resultantes en la etapa ECO 1.....	37
Tabla 5.2: Potencias resultantes en la etapa ECO 2.....	38
Tabla 5.3: Perdidas a tener en cuenta en el diseño	39
Tabla 5.4: Balance de potencias, etapa de elementos pasivos.....	43
Tabla 5.5: Balance de potencias, etapa radio	43

INTRODUCCION

Ya hace algún tiempo, la comunicación instantánea entre las personas donde y cuando sea es algo que se ha hecho indispensable, ya sea mediante telefonía móvil o acceso a Internet. Hoy en día también se ha introducido la necesidad de estar informado en todo momento, algo que es posible en gran parte gracias a la aparición la red de datos UMTS.

Estas necesidades tan arraigadas en nuestra sociedad se veían truncadas cuando el usuario se hallaba en lugares subterráneos, tales como parkings o redes de metro, así como en túneles de carretera o ferrocarril. De este modo, y para ofrecer conexión al usuario en interiores, se empezaron a realizar diseños especiales con antenas indoor en este tipo de infraestructuras.

El presente proyecto se desarrolla en la empresa NIP, S.A. (Ingeniería, Estudios y proyectos) dentro de su línea de negocio de sistemas de la información. Dentro de esta línea de negocio, NIP, S.A. se enmarca en las actividades de ingeniería relacionadas con el diseño, la construcción y el mantenimiento de infraestructuras de redes de comunicaciones, tanto de redes de cable como de telefonía móvil y radiofrecuencia.

Mi participación en este proyecto se ha basado en el desarrollo del diseño de las infraestructuras, a excepción del diseño del enlace entre la estación base y le controladora de estación base, la cual se realiza desde el propio departamento de transmisión del operador de telefonía móvil que contrata a NIPSA para el desarrollo del proyecto. También he tenido participación en la fase de ejecución del proyecto realizando funciones de seguimiento y control de las instalaciones.

Este proyecto se basa en el diseño real de la infraestructura de una red GSM/DCS/UMTS en un tramo de una línea de metro. Por compromisos de confidencialidad entre NIP. S.A. y la operadora para la que trabaja se han cambiado nombres y planos, para mantener la seguridad de las infraestructuras de metro y los intereses de los operadores. Por esta misma razón no se aportan datos de capacidades de los equipos radio.

En un primer capítulo nos adentraremos en el escenario en el que se desarrolla este proyecto, señalando las zonas a las que se quiere dar cobertura y todos los requisitos y especificaciones técnicas necesarias. Para un proyecto de esta magnitud, se deben poner de acuerdo tanto las operadoras como el gestor de la infraestructura, metro, y es en este capítulo donde se enumeran las directrices marcadas.

Seguidamente, en el capítulo dos, se hace un breve repaso a la arquitectura de red de GSM/DCS/UMTS para refrescar la memoria y relacionar las infraestructuras a realizar dentro de la red de telefonía móvil. En el capítulo tres, se presenta un análisis de soluciones para dar cobertura en el interior de túneles. Para este tipo de servicio se piensa en dos soluciones bien diferenciadas: dar la cobertura mediante cable radiante o con la ayuda de

antenas. En este capítulo se verán las ventajas e inconvenientes de ambas soluciones.

A continuación, en el capítulo cuatro, se describe la solución tecnológica considerada, donde se explica la ubicación de los equipos, la BTS, el sistema radiante escogido, los repetidores ópticos que se instalarán, así como la sectorización radio que define que sector dará cobertura a cada estación y el alcance de las infraestructuras a implementar.

Para adentrarnos más en el diseño del sistema radiante, en el capítulo cinco, se encuentra el diseño de las etapas de combinación de la señal de los distintos operadores y tecnologías, el diseño del esquema unifilar de la conexión de las antenas y el cálculo del balance de potencias, donde se determinará la potencia radiada por cada una de las antenas.

Por último, en el capítulo seis, se presenta el diseño del sistema de repetidores ópticos, donde se explica el tendido de fibras ópticas, que parte de este tendido se contrata a la empresa propietaria de las infraestructuras de la red de metro y que parte instala el operador. También se definen los equipos ópticos que se utilizarán y el esquema general de las conexiones de las fibras ópticas.

CAPITULO 1. OBJETO Y ALCANCE

Durante la última década, los sistemas de comunicaciones digitales inalámbricas han experimentado una gran aceptación y crecimiento en el uso privado. Actualmente las comunicaciones sin hilos forman parte de la vida diaria de la sociedad en la que vivimos. La comunicación a cualquier hora y desde cualquier lugar se ha convertido en requisito indispensable de calidad de las propias comunicaciones.

Las redes de metro están diseñadas para el transporte de gran cantidad de personas uniendo diversas zonas de una ciudad y sus alrededores. Hasta hace poco, los usuarios de telefonía móvil debían finalizar el uso de los servicios en curso cuando accedían a la red de metro, sin poder hacer uso de ellos durante sus desplazamientos en este modelo de transporte al no disponer de cobertura de telefonía móvil.

La actual necesidad de proporcionar servicio continuado a los usuarios de telefonía móvil en las modalidades GSM-900, DCS-1800 y UMTS en el interior de las estaciones de metro ha generado la necesidad del presente proyecto.

1.1. Escenario.

El entramado de la red de metro está formado por un conjunto de líneas que unen distintas zonas de una ciudad y sus alrededores. Cada una de estas líneas está formada por una gran cantidad de estaciones no muy distanciadas.

Las dimensiones de las infraestructuras que conforman la red de metro hacían imposible abordar el problema de una forma global. Para poder afrontar el proyecto de una forma más simple, los operadores acordaron que se dividiría la red de metro en pequeñas zonas y así ofrecer la solución para cada una de ellas de forma individual, siguiendo los principios de los sistemas celulares. De esta forma cada uno de los tramos definidos se hace corresponder con una celda dentro de la red de telefonía móvil.

Para poder definir las dimensiones de cada celda se realiza un estudio de capacidad. Este estudio de capacidad se calculó mediante los datos de tránsito de usuarios que se producía en una hora punta en una de las estaciones céntricas de la ciudad. Estos datos se incrementaron mediante una previsión del crecimiento de usuarios en un plazo de 10 años.

El resultado de este estudio determinó que cada sector de una estación base podía soportar un máximo de 4 estaciones. De esta forma se definió que se formarían grupos de hasta 12 estaciones y cada grupo se cubriría mediante la implantación de una estación base. También se decidió que cada línea sería independiente del resto determinando que todas las estaciones de una celda deberían pertenecer a la misma línea de metro.

De esta forma se estableció que cada una de las líneas se dividía en zonas agrupando un conjunto de estaciones consecutivas y cada una de las zonas se correspondería con una celda de la red de telefonía móvil.

También era necesario planificar la forma en la que se iba a ejecutar el despliegue. Para ello se decidió que se agruparían las zonas definidas en diferentes fases, y estas se ejecutarían de forma consecutiva. Como sólo tres de los operadores participan activamente en el despliegue de las infraestructuras para dar cobertura en la red de metro, se decidió que cada una de las fases abarcaría tres zonas que se ejecutarían de forma paralela.

En el presente proyecto se presenta la solución tecnológica adoptada para dotar de cobertura a una de las zonas correspondiente a la penúltima fase de ejecución del despliegue en la red de metro.

1.2. Zona a la que se dará cobertura

El objeto de este proyecto es definir una solución tecnológica que permita dotar de cobertura GSM/DCS/UMTS en un nuevo tramo de la línea A de la red de metro, con el fin de proporcionar un servicio ininterrumpido a lo largo de todo el recorrido de los usuarios.

El tramo objeto del presente proyecto consta de 11 estaciones de las cuales 8 se corresponden a estaciones existentes y 3 estaciones pertenecen a la futura prolongación de la línea y que actualmente se encuentran en fase de construcción. En este proyecto no se definen las infraestructuras necesarias para las 3 nuevas estaciones. Aun y así, se tienen en cuenta las nuevas estaciones a la hora de la sectorización de la señal ya que pertenecen a la zona a cubrir en esta fase.

El diseño comprende las siguientes 8 estaciones y los túneles asociados que las comunican:

- Av. Hospital
- Paseo Marítimo
- Centro
- Cercanías
- Pl. España
- Rondas
- Pl. Europa
- Aeropuerto

El diseño debe garantizar la cobertura GSM/DCS/UMTS continua en todas las estaciones (incluyendo andenes, pasillos, vestíbulos, etc.) y túneles de interconexión entre estaciones del tramo objeto del presente proyecto. También se deberá garantizar la cobertura en los accesos con la red exterior (accesos desde la calle, transbordos con Cercanías y otras líneas de ferrocarril) posibilitando los traspasos de llamadas (handover) con el resto de estaciones

base, ya sean entre los propios sectores de la zona como con la red exterior y otras estaciones base que se encuentra dentro de la infraestructura de Metro.

1.3. Requisitos y especificaciones técnicas.

El diseño se basa en la instalación de las infraestructuras necesarias y de los equipos (GSM/DCS y UMTS) en las estaciones que comprenden el tramo entre las estaciones de Av. Hospital y Aeropuerto.

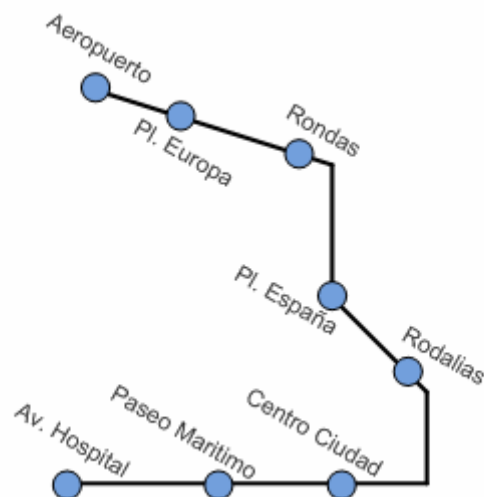


Fig. 1.1. Tramo de la línea de metro

La solución que se adopte deberá estar diseñada para prever la compartición de todo el sistema radiante (cable RF y antenas), de forma que cualquiera de las empresas adjudicatarias de una licencia de telefonía móvil, tanto 2G como 3G, puedan utilizar el diseño planteado sin más que colocar los equipos necesarios, cuyo espacio deberá quedar definido y contemplado en el diseño.

Como especificaciones técnicas, el diseño de la infraestructura deberá cumplir unas ciertas directrices, especificadas en acuerdos entre los operadores y la empresa responsable de la gestión de las infraestructuras de metro, las cuales se explican en el siguiente apartado.

1.3.1. Directrices generales de diseño.

El diseño deberá garantizar la cobertura GSM/DCS/UMTS continua en todas las estaciones de metro (andenes, vestíbulos, pasillos, etc.), túneles y accesos con la red exterior (calle, transbordos con RENFE y demás interconexiones).

El diseño constará de la implantación de una estación base en una de las estaciones del tramo a cubrir y desde esta estación se distribuirá la señal a todas las estaciones. La ubicación de esta estación base la definirá Metro según su disponibilidad de espacios.

Para la distribución entre estaciones se permite la utilización de repetidores ópticos. En este caso, y debido a los requisitos de fibra óptica acordados con Metro, estos deberán utilizar tecnología WDM. Los repetidores ópticos solo estarán permitidos para la distribución entre estaciones y estos se deberán

ubicar dentro de las salas de equipos. Siguiendo la normativa interna de instalaciones de Metro, no se permite la instalación de amplificadores ni elementos activos en el interior de túnel. Así, todos los elementos activos se deberán colocar en el interior de las salas de equipos designadas por Metro.

1.3.2. Directrices para el diseño del Sistema Radiante (SSRR).

Tal y como se establece en el estudio de capacidad realizado por los operadores anteriormente mencionado, cada uno de los sectores de la estación base cubrirá un máximo de cuatro estaciones.

Todos los elementos utilizados en el diseño e instalación (antenas, elementos pasivos, cableado, etc.) deben pertenecer al listado único de componentes acordados y homologados por los distintos operadores.

Se tendrá que tener en cuenta la compartición de toda la infraestructura con el resto de operadores. Para que esto sea posible se tendrá que reflejar los espacios reservados para cada uno de los operadores y se diseñará una etapa de combinación de tecnologías entre operadores (ECO) previa a la distribución de la señal de radio frecuencia (RF). El diseño de la etapa ECO deberá garantizar un nivel mínimo a la salida de 24dBm.

Para cubrir todas las zonas se permite la instalación tanto de antenas como de cable radiante. Aun y así, y según el acuerdo entre operadoras de telefonía móvil se decide minimizar el uso del cable radiante debido al alto coste y a las deficiencias de cobertura observadas en anteriores fases. En las zonas donde anteriormente se ha instalado cable radiante para dar cobertura se ha observado que se produce un alto nivel de drop y de baja calidad en las conexiones de datos.

Como parte del diseño del sistema radiante (SSRR) como mínimo se tendrá que ubicar una antena en cada uno de los andenes. En el caso de tratarse de una estación con un único andén central se colocaran como mínimo dos antenas, una para cada sentido de los trenes. Tampoco se permite utilizar los lóbulos traseros del diagrama de radiación de las antenas para asegurar cobertura en ninguno de los casos.

El diseño deberá garantizar un nivel mínimo en el terminal del usuario de -85 dBm +/-2dB, siempre teniendo en cuenta el peor de los casos de atenuación. Se considerara como el peor de los casos la situación en que un usuario se encuentre en el interior de un vagón con una alta densidad de usuarios circulando por el interior de un túnel tal y como se expone en el ANEXO I.

El modelo de propagación utilizado para los cálculos de la propagación de la señal en cualquiera de las zonas a cubrir deberá ser el modelo de propagación en espacio libre según acuerdo entre los operadores. El Uso de este modelo de propagación y sus condiciones de cálculo se pueden encontrar expuestos en el ANEXO I.

Se aceptara un nivel de ruido máximo de $-116\text{dBm} \pm 9\text{ dB}$ con una relación señal a ruido de 12 dB (SNR) para las tecnologías GSM y DCS. Para el UMTS se requiere una C/I mínima de 7 dB.

1.4. Directrices de Metro.

La empresa gestora de la red de ferrocarril urbano marca una serie de directrices a tener en cuenta y que son de obligado cumplimiento a la hora del diseño y la ejecución de las instalaciones.

En las estaciones que sea necesaria la ubicación de equipos, ya sean BTS, repetidores, etc., estos equipos se ubicarán en unos espacios cedidos por la empresa gestora de la red de metro. Estos espacios serán acondicionados en función de las necesidades particulares de cada estación. Se respetará en todo momento el criterio de la propiedad en cuanto a desplazamiento de elementos: tomas de agua, paneles de publicidad, etc.

Para la cobertura en el interior de las estaciones y túneles se partirá desde la sala asignada para los equipos correspondientes a cada estación, y se instalarán las diversas antenas emplazadas en los túneles, andenes, vestíbulos y escaleras.

Se intentará en todo momento la mimetización de la instalación. Los elementos de instalación, antenas, cajas donde se ubican los elementos pasivos, bandejas y tubos metálicos se mimetizarán según el entorno donde se instalen a requerimiento de la propiedad. En la instalación en túnel no se aplican las directrices de mimetización. De esta forma el tendido de cables no se realizará nunca entubado y los elementos pasivos no se ubicarán dentro de cajas. Se tendrán en cuenta las distancias de seguridad en el interior de túnel y será obligatorio pasar medición de gálibo para su comprobación.

En el caso de ser necesario que las instalaciones realicen un cruce por la bóveda, ésta se deberá efectuar siempre en el interior del túnel. En los pasos por bóveda queda totalmente prohibido realizar instalaciones sobre vigas metálicas.

Para garantizar la aprobación del diseño y la ubicación de los elementos, las visitas de replanteo del diseño se realizaran conjuntamente con el personal de Metro.

CAPITULO 2. ARQUITECTURA DE RED GSM/DCS/UMTS

En el siguiente capítulo se realiza un breve repaso a la arquitectura de las redes GSM, DCS, UMTS para dar una visión de cuál es la parte de la red que se implementara en el presente proyecto. En este capítulo no se realiza una descripción muy exhaustiva de toda la arquitectura de red sino que se da una visión general, entrando más en detalle en aquellas partes de la red que hacen referencia a la parte a implementar.

En una primera parte se describe la arquitectura de la red GSM y DCS (GSM1800) de forma conjunta ya que, en realidad, la infraestructura de red para GSM y para DCS es exactamente la misma. En una segunda parte se describirá la infraestructura de red para UMTS ya que para esta tecnología la infraestructura sí que sufre modificaciones.

2.1. Arquitectura de la red de telefonía móvil GSM/DCS

El sistema GSM (*Global System for Mobile communications*) es el sistema de telefonía móvil de segunda generación más extendido por todo el mundo. El ETSI (European Telecommunications Standard Institute) fue la organización que se encargó de su estandarización entre el 1982 y el 1992.

La arquitectura del sistema GSM se compone de tres bloques o subsistemas que engloban el conjunto de entidades del sistema. Cada uno de estos subsistemas desempeña funciones específicas para poder ofrecer el servicio de telefonía móvil al usuario e interactuar con otras redes.

Los tres subsistemas son:

- NSS (Subsistema de red y comunicación).
- BSS (Subsistema de estación base).
- MS (Estación móvil).

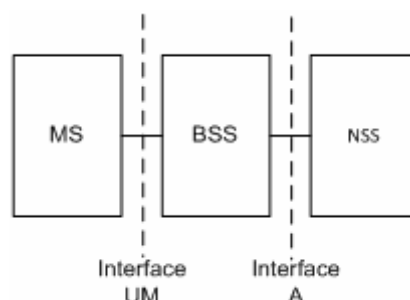


Fig. 2.1. Arquitectura de red GSM/DCS

Estos subsistemas se intercomunican entre ellos a través de diferentes interfaces mediante protocolos de señalización específicos. La comunicación entre el conjunto de estaciones móviles y el subsistema de estación base se realiza mediante el “interface aire” o “interface Radio” y que se designa

abreviadamente como interface **Um**. Por otro lado también encontramos la interface **A** que es la encargada de la comunicación entre el subsistema de estación base y el subsistema de red.

2.1.1. Subsistema de red y conmutación (NSS)

El subsistema NSS realiza las funciones de conmutación y encaminamiento de las llamadas en el sistema GSM, además de la gestión de las bases de datos con la información relativa a todos los abonados al servicio. El NSS se encarga de establecer la comunicación entre usuarios móviles mediante la conmutación interna de red de un operador o entre usuarios del sistema GSM o usuarios de otras redes de telefonía, ya sea de telefonía fija o de telefonía móvil de otros operadores.

Dentro del subsistema NSS las funciones de conmutación las realizan las centrales de conmutación (MSC y GMSC). La unidad MSC es el elemento de conmutación interno de la red GSM mientras que la unidad GMSC es el elemento de interconexión con otras redes. La gestión de la base de datos la realizan el registro central de abonado identificado como HLR y el registro de posición del visitante identificado como VLR. Dentro del subsistema NSS existen otros elementos tales como el AUC y el EIR, entre otros, de los que no entraremos en detalle.

También existe el subsistema OSS (Subsistema de Operaciones y mantenimiento) que es el encargado de llevar a cabo las tareas de supervisión y mantenimiento de toda la infraestructura de la red GSM. Las acciones de operación y mantenimiento se llevan a cabo con el fin de conseguir el buen funcionamiento del sistema GSM en su conjunto, ya sea solucionando los problemas e incidencias o monitorizando y mejorando la configuración de los equipos para un mayor rendimiento.

2.1.2. Subsistema de Estación base (BSS)

El subsistema de estación base agrupa la infraestructura específica de los aspectos radio para el sistema GSM. Este subsistema se compone de estaciones base (BTS, Base Transceiver Station) conectadas a las controladoras de estaciones base que se denominan BSC (Base Station Controller).

Más adelante entraremos en detalle en la descripción de este subsistema ya que dentro de éste se encuentran los elementos de la infraestructura que se deben diseñar en el presente proyecto.

2.1.3. Subsistema de Estación móvil (MS)

La estación móvil es lo que popularmente conocemos como teléfono Móvil. La infraestructura de GSM descompone la estación móvil en cuatro elementos. El terminal móvil (MT) que es el teléfono móvil. La tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) que es la tarjeta de abonado que proporciona el operador al usuario cuando se contratan sus servicios. El elemento TA (Terminal Adapter) que es el

elemento de adaptación para la interconexión del teléfono móvil con un equipo terminal de datos y el TE (Terminal Equipment) que es el adaptador para la transmisión de datos vía GSM.

2.1.4. Características del Subsistema BSS.

El subsistema de estación base comprende el conjunto de equipos necesarios para proporcionar la cobertura radioeléctrica en el área celular. Dentro del subsistema BSS encontramos dos elementos, las estaciones base transceptoras (BTS) y las controladoras de estaciones (BSC) tal y como se muestra en la Fig. 2.2.

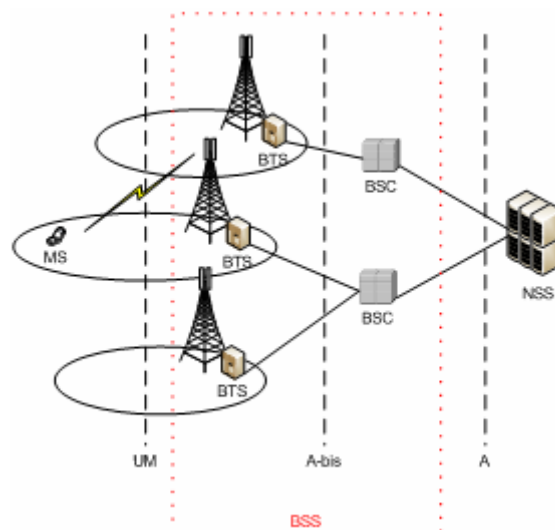


Fig. 2.2. Subsistema BSS

La estación base (BTS) es el elemento que está en contacto directo con las estaciones móviles mediante el interfaz radio (UM). La BTS está constituida por los equipos transmisores-receptores radio, los elementos de conexión al sistema radiante (combinadores, multiacopladores, cables coaxiales), las antenas y las instalaciones accesorias (torres y soportes de antenas, soportes, tomas de tierra, casetas, etc.).

Debido al elevado número de BTS de una red y a que estas funcionan en lugares donde no hay mantenimiento "in situ", los equipos BTS deben ser sencillos, fiables, duraderos y de coste moderado. Por ello, la mayoría de funciones de control se realizan en la BSC. La BSC se encarga de la gestión de un grupo de BTS en lo relativo a los recursos radio: asignación, utilización y liberación de las frecuencias, traspasos de llamadas (handovers), funcionamiento con saltos de frecuencias, etc. También puede realizar funciones de conmutación. La BSC se comunica por un lado con las BTS mediante las interface A-Bis y enlaza con los conmutadores de la NSS, más concretamente con la MSC, mediante el interface A.

Otro componente que podemos encontrar dentro del subsistema BSS es la TRAU (Transcoder / Rate Adapter Unit), equipo que lleva a cabo la adaptación entre la tasa de transmisión del terminal móvil y la tasa de transmisión de la señal de voz codificada para su transporte por redes telefónicas de

conmutación digital convencionales. El TRAU se puede ubicar indistintamente en los elementos BTS, BSC o MSC.

El BSS desempeña las siguientes funciones:

- Transmisión/Recepción radioeléctrica, a través de la interfaz UM.
- Localización de las MS para su registro o actualización.
- Establecimiento, supervisión y conclusión de las llamadas.
- Traspaso entre BTS controladas por el mismo BSC.
- Procesado de voz y adaptación de velocidad
- Control de equipos y funciones de reconfiguración.
- Control de mantenimiento rutinario.

La infraestructura de red para el sistema GSM1800, o DCS, es la misma que para el sistema GSM. La única diferencia entre los sistemas GSM y DCS la encontramos en la frecuencia de trabajo del acceso radio ya que GSM opera a 900Mhz y DCS opera a 1800Mhz. Esto hace que los equipos radio que se utilizan para estos dos sistemas sean los mismos y únicamente sea necesario cambiar una tarjeta hardware para definir a que frecuencia debe operar el equipo.

2.2. Arquitectura de Red UMTS

Al igual que en la red GSM/DCS, el sistema UMTS se compone de tres grandes bloques (Fig. 2.3.). El bloque UE (User Equipment) es el terminal móvil de usuario, el bloque UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) que engloba todas las funcionalidades relativas a los aspectos radio del sistema, y el bloque CN (Core Network) encargado de las funcionalidades de red fija.

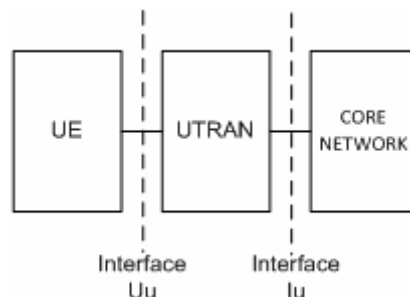


Fig. 2.3. Arquitectura de red UMTS

El bloque UTRAN corresponde a una nueva tecnología de acceso radio completamente diferente a la del sistema GSM/DCS. Por el contrario, el bloque del núcleo de red **CN** se plantea como una adaptación del bloque de red fija del sistema GSM/DCS, con intención de reaprovechar los elementos de red y sus funcionalidades en la medida de lo posible.

De la misma forma que en la red GSM/DCS, los subsistemas se intercomunican entre ellos a través de diferentes interfaz. La comunicación entre el conjunto de equipos de usuario y el subsistema UTRAN se realiza mediante el interfaz Radio el cual se designa abreviadamente como interfaz

Uu. La interfaz que se encarga de comunicar el subsistema de red de acceso radio (UTRAN) con el núcleo de red (CN) se denomina interfaz **Iu**.

2.2.1. Subsistema de Núcleo de Red (CN)

El núcleo de red incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El encaminamiento reside en las funciones de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del Núcleo de Red, UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

2.2.2. Subsistema de Acceso Radio (UTRAN)

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y en el núcleo de red. La UTRAN se compone de una serie de sistemas de red radio o RNC (Radio Network Controller) y una serie de Nodos B dependientes de él. Los Nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base (BTS) en las redes GSM/DCS y son los responsable de garantizar la cobertura de la red. De esta forma, se puede establecer la similitud entre las RNC de UMTS y las BSC de los sistemas GSM/DCS. Este subsistema se explicará más adelante, ya que engloba los elementos de red que se deben implementar en el presente proyecto.

2.2.3. Subsistema de Equipo de Usuario (UE)

Los equipos de usuario es el símil de la estación móvil en las redes GSM/DCS y hace referencia al teléfono móvil que todos conocemos. Los elementos que componen el equipo de usuario son los mismos que en la red GSM, estos sólo han sufrido algunas modificaciones para que sean capaces de acceder al sistema UMTS.

2.2.4. Características del Subsistema UTRAN

Como hemos comentado anteriormente, el subsistema UTRAN es el homólogo del subsistema BSS de las redes GSM. Al igual que la BSS de GSM, el subsistema UTRAN comprende el conjunto de equipos que proporcionan la cobertura radioeléctrica en el área de servicio. UTRAN esta compuesta por dos elementos: el controlador de acceso radio denominado RNC (Radio Network Controller) y las estaciones base que en el caso de UMTS se denominan NODO B (Fig. 2.4.).

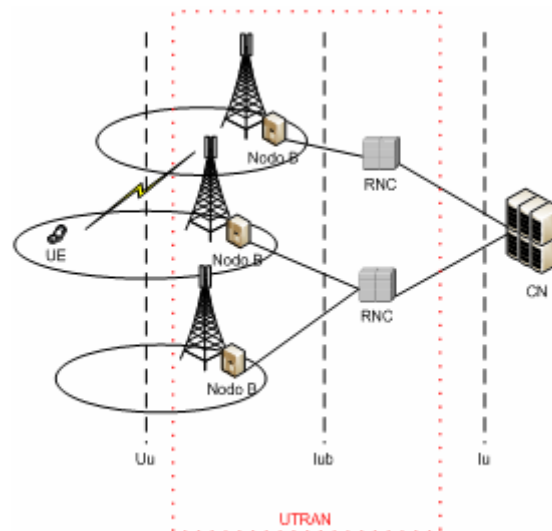


Fig. 2.4. Subsistema UTRAN

El nodo B es el elemento que está en contacto directo con los equipos de usuario mediante el interfaz radio (Uu) y está constituido por los elementos de transmisión y recepción radio, procesamiento de señal, elementos de conexión al sistema radiante y todos los elementos accesorios.

La RNC es el elemento encargado de casi todas las funciones de control de acceso radio a la red UMTS. Cada una de las RNC controla a un conjunto de nodos B en todo lo relacionado en la asignación y liberación de recursos, trasposos entre celdas, etc. La comunicación entre los Nodos B y la RNC se realiza mediante el interfaz Iub. Como la RNC es el elemento de más alto nivel del Subsistema UTRAN, este es el encargado de estar en contacto directo con el núcleo de red de UMTS. Esta comunicación se realiza a través del interfaz Iu.

CAPITULO 3. ANALISIS DE SOLUCIONES PARA LA COBERTURA EN INTERIORES DE TUNEL

Hoy en día el mercado proporciona diversas opciones para distribuir señal radioeléctrica y dar cobertura en cualquier entorno con diferentes tipologías. Algunos de estos sistemas permiten hacer llegar los niveles de potencia deseados sin demasiada complicación como pueden ser los sistemas basados en repetidores ópticos.

En el caso que este proyecto desarrolla, existe una limitación importante a tener en cuenta, la prohibición de la instalación de elementos activos en el interior del túnel, y la obligación de situar cualquier elemento de estas características en una sala que, normalmente, se encuentra lejos de la zona a la que se quiere dar cobertura. Esta restricción descarta directamente la utilización de cualquier sistema que utilice repetidores o amplificadores de potencia ubicados fuera de las salas.

Así, las soluciones que se pueden adoptar están basadas en la utilización de cable radiante tendido a lo largo de un túnel o la utilización de antenas. En ambos casos la fuente de RF debe situarse fuera del túnel. Estas dos opciones son las que se analizan a continuación.

Antes de entrar en detalle en el análisis de cada una de las posibles soluciones hace falta definir una serie de aspectos generales a tener en cuenta para poder realizar las valoraciones.

3.1. Condiciones iniciales de cálculo.

Existen muchas tipologías de túnel ya sea recto, con curvas, con pendientes o incluso formados por dos tubos independientes para cada uno de los sentidos de circulación de los trenes. En las valoraciones que a continuación se presentan se ha escogido un túnel con las características más simples posibles, siendo este totalmente recto sin ningún tipo de pendiente y con visión directa entre las dos bocas del túnel. Se ha escogido esta tipología de túnel para poder realizar una valoración rápida y simple ya que lo que interesa es ver los problemas más generales que pueden presentar cada una de las opciones.

La longitud del túnel escogida para el análisis es de 750m ya que se corresponde con la media aproximada de las longitudes de los túneles que conforman la red de metro.

Para el cálculo de la propagación en el interior del túnel utilizaremos el modelo de propagación en espacio libre ya que este es el modelo de cálculo impuesto por los operadores (ANEXO I). No se entre en la valoración del modelo de propagación a utilizar ya que no es objeto de este proyecto determinar un modelo de propagación para los cálculos de propagación en el interior de los túneles.

Para los cálculos la frecuencia utilizada será de 2100Mhz correspondiente a la banda de UMTS. Este es el sistema de mayor frecuencia por lo que este será el sistema que experimentara unas mayores en los cables y de propagación en el medio aire.

En el interior de un túnel de la red de metro, los usuarios viajan en el interior de un vagón, este hecho implica que la señal deba penetrar en el vagón añadiendo un factor de pérdidas debido a los materiales de los que está compuesto. También, en horas punta, podemos encontrar con una alta densidad de personas en el interior del tren. Este hecho también implica añadir otro factor de pérdidas. Al factor de pérdidas por penetración en el vagón las llamaremos pérdidas de vagón (Wagon Loss) y su valor se estima en 10dB's. El factor de pérdidas por alta densidad de personas (Body Loss) tiene un valor estimado de 12dB's. Estos dos valores se determinan de forma empírica y si los añadimos a las pérdidas de propagación, los niveles recibidos en el terminal móvil del usuario se ajustan un poco más a la realidad.

Con estas premisas se podrá determinar de una forma aproximada los niveles de cobertura que aporta cada una de las opciones. Como ya se ha comentado anteriormente, por ahora, el fin de estos cálculos no es obtener los niveles exactos sino una visión general de la distribución de los niveles de cobertura en a lo largo del túnel para determinar qué sistema se ajusta más a las necesidades del proyecto.

3.2. Solución con cable radiante.

Una de las primeras opciones que se van a someter a estudio es la utilización de cable radiante para dar cobertura en el interior de túneles. Las características de este tipo de cable las podemos encontrar en el Anexo B.

Para el estudio se han definido dos tipos de soluciones, una con un único cable radiante que cubra la longitud del túnel por completo, de forma que se podrán observar las características radioeléctricas del cable radiante en toda la longitud del tramo. La segunda opción será utilizando dos cables radiantes, de forma que cada uno de ellos cubra la mitad de la longitud, con el propósito de mejorar los niveles de cobertura medidos en el terminal de usuario.

3.2.1. Solución con un único cable Radiante.

En una primera opción se analiza la instalación de un único cable radiante a lo largo del túnel con una única fuente de señal (Fig. 3.1.).

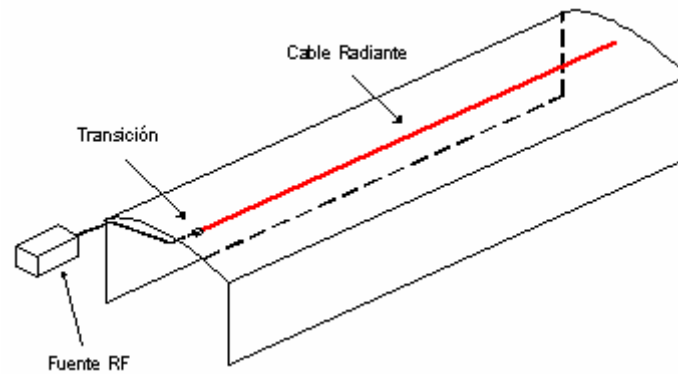


Fig. 3.1. Instalación de un único cable radiante

Los cálculos correspondientes se pueden encontrar en el Anexo A. Como resultado de estos cálculos se obtiene que la potencia que se necesita inyectar al cable radiante para cumplir los -85dBm mínimos de potencia en la antena del terminal es de 41 dBm .

Si nos fijamos en la Fig. 3.2 podemos observar la distribución de la cobertura que se obtiene en el interior del túnel. Analizando un poco la gráfica se observa que en el inicio del túnel se dispone de un nivel de potencia demasiado elevado, en cambio al final del túnel la potencia es muy ajustada aunque se cumpla con el mínimo requerido.

Dados los resultados se puede ver que para una distancia de 750m las pérdidas de potencia que se obtienen son muy elevadas por lo que para conseguir llegar al nivel de potencia deseado en el terminal en el punto más lejano, se tiene que invertir una potencia elevada.

Esto hace concluir que con esta tipología se invierte una potencia innecesaria al inicio del túnel para poder cumplir con el nivel mínimo establecido en la parte final de este.

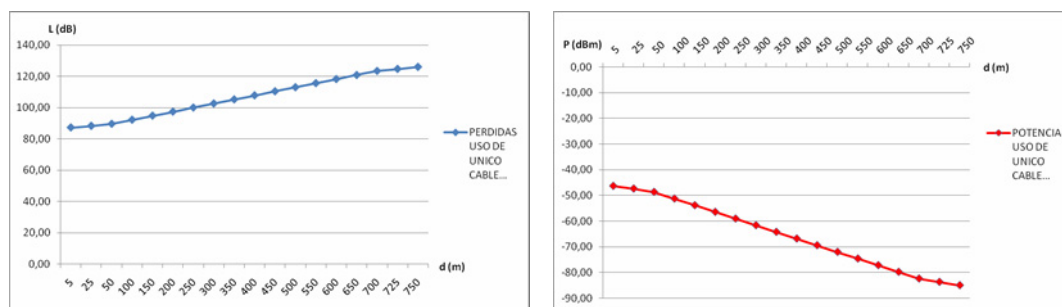


Fig. 3.2. Pérdidas respecto la distancia y potencia radiada con un único cable radiante

3.2.2. Solución con dos cables radiantes.

Una opción para intentar mejorar la solución anterior sería con la utilización de dos cables radiantes y dos fuentes de señal.

En este caso se colocan dos cables radiantes uno a continuación del otro y de una longitud cada uno de la mitad de la distancia total del túnel, es decir de unos 375m cada uno. Las fuentes de señal se colocan cada una en un extremo del túnel y cada una se conecta al cable radiante del extremo correspondiente (Fig. 3.3).

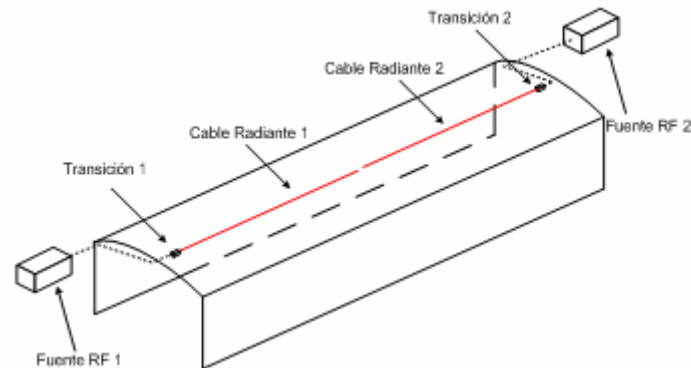


Fig. 3.3. Instalación de dos cables radiantes

Los cálculos para este caso se pueden encontrar en el Anexo A. En este caso, se obtiene que la potencia necesaria en cada una de las fuentes para poder asegurar el nivel mínimo de -85dBm en el terminal móvil tiene que ser de $21,5\text{dBm}$.

En los resultados obtenidos en el Anexo A se puede ver que en este caso las pérdidas máximas son de $106,5\text{dB}$, mientras en el caso de la utilización de un único cable radiante a lo largo del túnel se obtenían unas pérdidas máximas de 126dB .

Con el resultado de la potencia necesaria en cada uno de las fuentes de señal también se hace notar que la potencia necesaria para cubrir los 750m del túnel es inferior. En este caso la distribución de la cobertura mejora de forma sustancial si lo comparamos con el caso anterior. Se observa que en los extremos del túnel la potencia que llega al terminal móvil ya no es tan elevada mientras que en la parte central de esta, se sigue garantizando el nivel mínimo requerido.

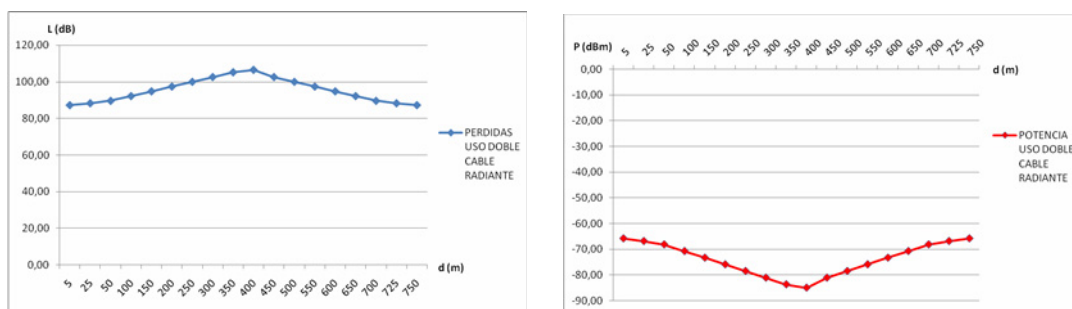


Fig. 3.4. Pérdidas respecto la distancia y potencia radiada con dos cables radiantes

A la vista de los resultados obtenidos en estos dos casos, se puede determinar que la solución con los dos cables radiantes nos aporta una mayor eficiencia de

potencia ya que se reduce la potencia necesaria. También se obtiene una mejor distribución de la cobertura a lo largo del túnel.

3.3. Solución con Antenas.

Otra posible solución para dar cobertura en el interior del túnel es el uso de antenas helicoidales que son un tipo de antenas log-periódicas. Las características de este tipo de antenas las podemos encontrar en el Anexo C.

Al igual que en el caso del cable radiante, se presentan dos tipos de soluciones. En primer lugar se analiza una solución con una única antena que cubra toda la longitud del túnel por completo. La segunda opción será utilizando dos antenas, de forma que cada una de ellas cubra la mitad de la longitud del túnel.

3.3.1. Solución con una sola antena.

Como primera opción a analizar con el uso de antenas, se presenta un diseño con la instalación de una única antena helicoidal en una de las bocas del túnel (Fig. 3.5.).

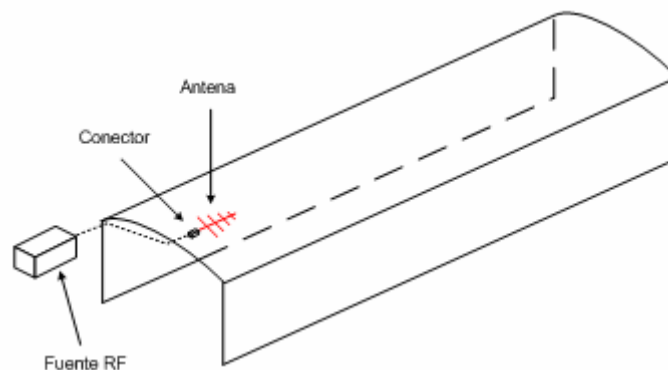


Fig. 3.5. Instalación de una sola antena

Los cálculos correspondientes se pueden ver en el Anexo A. Como resultado de estos cálculos se obtiene que la potencia que se necesita inyectar a la antena para cumplir los -85dBm mínimos de potencia en la antena del terminal es de 17 dBm .

En la Fig. 3.6., que representa los resultados obtenidos en el cálculo de las pérdidas con respecto a la distancia, se observa que se obtienen unas pérdidas elevadas pero con una cierta mejora con respecto al caso de la utilización de un solo cable radiante. Mientras en el caso en el que se utiliza un cable radiante se obtienen unas pérdidas de 126 dB a una distancia de 750m , en este caso se disponen unas pérdidas de 102dB .

Observando la Fig. 3.6. se puede observar cómo queda la distribución de potencia en el interior del túnel. La distribución de potencia es muy parecida a la que se apreciaba en el caso de utilizar un cable radiante. Al inicio del túnel se obtienen unos niveles más que suficientes mientras que al final del túnel los niveles son muy ajustados. Comparando con el caso de la distribución obtenida

mediante la utilización de un cable radiante, se observa que en un punto medio, la caída de potencia es más abrupta. Si se coge como referencia los resultados obtenidos a una distancia de 400m, aproximadamente el centro del túnel, se puede ver que en este caso se obtiene un nivel de -79,54 dBm mientras que con un cable radiante se tenía un nivel de -66,8 dBm.

Esta opción permite reducir la potencia necesaria para cumplir los niveles mínimos de potencia requeridos pero no proporciona una mejora en la distribución de la cobertura.

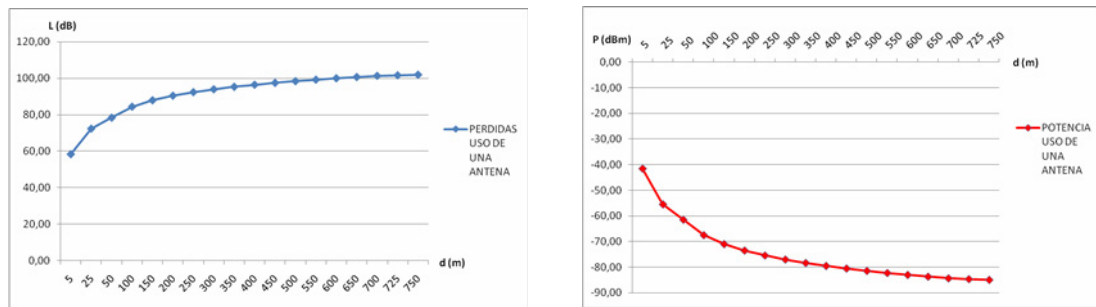


Fig. 3.6. Pérdidas respecto la distancia y potencia radiada con una antena

3.3.2. Solución con dos antenas.

Tal y como se ha hecho anteriormente se demuestra que si partimos el túnel en dos partes y colocamos una antena en cada extremo.

En este caso se coloca una antena en cada una de las bocas del túnel y se utiliza una fuente de señal para cada una de las antenas. Cada antena se encargará de cubrir una distancia de 350m (Fig. 3.7).

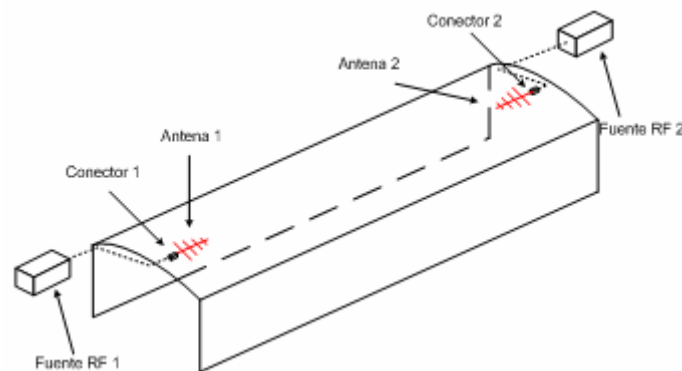


Fig. 3.7. Instalación de dos antenas

Si procedemos de la misma forma que en el caso anterior, se obtiene que la potencia que se necesita inyectar a cada una de las antenas para garantizar el cumplimiento de los -85dBm mínimos de potencia en la antena del terminal móvil es de 10,98 dBm.

Con esta solución se consigue reducir de una forma notable las pérdidas de potencia ya que en ninguno de los puntos se superan los 100dB de pérdidas.

Con este resultado y con la reducción de la potencia necesaria se consigue una mayor eficiencia de la potencia necesaria para cumplir con los requisitos.

En la Fig. 3.8. se puede observar los niveles de cobertura a lo largo del túnel. En este caso se obtiene una mejor uniformidad en la distribución de la señal con respecto al uso de una sola antena. Aun y así se sigue obteniendo una disminución rápida de los niveles en la zona cercana a la antena. En este caso no se obtiene una mejora de la uniformidad de los niveles con respecto al caso de la utilización de los dos cables radiantes.

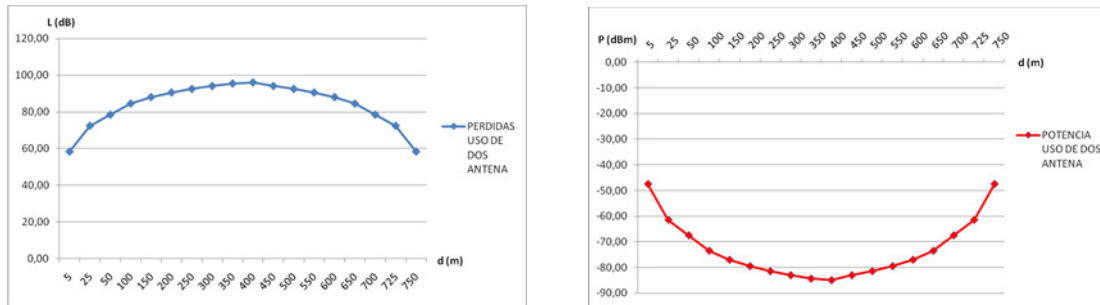


Fig. 3.8. Perdidas respecto la distancia y potencia radiada con dos antenas

3.4. Conclusiones.

Después de analizar las diferentes soluciones, con cable radiante o antenas, para las diferentes longitudes de áreas de cobertura, se pueden dar diferentes conclusiones de cual es la mejor forma de cubrir un tramo de túnel con las características que se han definido en un primer momento.

En ambos casos, tanto con cable radiante como con antenas, se ha visto como la mejor solución para dar una mejor cobertura es partir el área de cobertura en dos, de forma que cada tramo sea la mitad del total del área de interés. De esta forma no se necesita tanta potencia de entrada, aunque se tengan que duplicar las fuentes de emisión.

Con esta solución se ha visto que la potencia dentro del túnel es más uniforme que en el caso de cubrir la zona con un solo emisor. De esta forma la potencia no se desaprovecha en ningún punto, ya que para el tipo de servicio que se quiere dar en este tipo de diseños no son necesarios niveles tan elevados, y de la misma forma no se tendrán problemas de solapamiento e interferencias con las demás zonas.

Teniendo en cuenta que se obtienen mejores resultados si se divide la zona de cobertura en dos partes, tomaremos esta configuración para realizar el diseño del sistema. Solo queda definir cuál de las opciones, cable radiante o antenas, es mejor para este caso. Se ha visto que tanto los valores de pérdidas como de potencia eran muy dispares.

En el caso de cable radiante se tenían unas pérdidas mínimas de 87,26 dB y máximas de 106,5 dB, mientras que con la utilización de antenas se tienen

unas pérdidas mínimas de 58,48 dB y máximas de 95,98 dB. Estos valores ya hacen inclinar la balanza hacia la solución con antenas, pero si a esto se suma los valores obtenidos con la potencia recibida en el terminal de usuario y la potencia de transmisión necesaria para cumplir el nivel de potencia mínima requerida conduce a que el sistema con antenas es mucho mejor. Esto se puede ver con más detalle en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Comparativa entre cable radiante y antenas

Sistema	Pérdidas totales mín.	Pérdidas totales máx.	Potencia recibida máx.	Potencia recibida mín.	Potencia tx mín. requerida
Cable radiante	87,26 dB	106,5 dB	-65,76	-85 dB	21,5 dB
Antenas	58,48 dB	95,98 dB	-47,5 dB	-85 dB	10,98 dB

A todos estos datos se debe añadir otro factor importante dentro de un diseño real, el coste económico que supone cada una de las soluciones. Desde este punto de vista la mejor solución es la utilización de antenas, ya que el coste del metro de cable radiante es muy elevado.

Cabe comentar que el cable radiante mejora mucho sus prestaciones a frecuencias bajas ya que las pérdidas de propagación en el cable disminuyen de forma considerable. Así, para situaciones en las que la frecuencia de trabajo sea muy baja, y el presupuesto lo permita, la utilización del cable radiante será la mejor opción.

El problema que nos encontramos con la utilización de las antenas es la poca uniformidad de la distribución de la cobertura. Una posible forma para solucionar el problema de la uniformidad es la utilización de una distribución de antenas a lo largo del túnel. De esta forma se reduce las aéreas de cobertura y la potencia de emisión necesaria para cada una de las antenas.

En la realidad los túneles que forman la red de metro no siempre son rectos y con visión directa entre las dos bocas. En muchos casos se encuentran curvas e incluso desniveles entre estaciones. Esto hace que la utilización de una distribución de antenas a lo largo del túnel gane fuerza ya que, una colocación adecuada de las mismas, nos permite evitar estas orografías y atacar siempre el problema como zonas totalmente rectas con visión directa entre el punto donde se encuentra la antena y el punto más lejano donde se quiere dar cobertura.

Teniendo en cuenta los puntos expuestos anteriormente, se opta por una solución mediante una distribución de antenas para dotar de cobertura en el interior de los túneles de la red de metro.

En último lugar cabe comentar que cuando se empezó a implantar la cobertura de telefonía móvil en las primeras estaciones de metro, las operadoras realizaron pruebas de cobertura en túneles tanto con instalación de cable radiante como con antenas. El resultado de estas pruebas reflejó que el uso de antenas obtenía unos valores de drop muy inferiores a los obtenidos con el uso

de cable radiante. Hoy en día, aun existe una serie de túneles de la red de metro donde se da cobertura mediante el cable radiante que se instalo en las primeras fases de despliegue. Actualmente, y con la incorporación de 3G, las zonas cubiertas mediante cable radiante presentan serios problemas de conexiones de datos así como unos altos porcentajes de drop y se esta procediendo a su substitución por sistemas de antenas.

CAPITULO 4. DESCRIPCION DE LA SOLUCION TECNOLÓGICA

Tal y como se comenta en el en el capítulo 1, la solución tecnológica se diseña para dar cobertura a las 8 estaciones de la red de Metro (Av. Hospital, Paseo Marítimo, Centro, Cercanías, Pl. España, Rondas, Pl. Europa, Aeropuerto) Además de estas ocho estaciones, el diseño tendrá que tener en cuenta las tres estaciones que se encuentran en fase de construcción.

Para lograr dar cobertura GSM / DCS / UMTS en dichas estaciones y los tramos de túneles existentes entre ellos, se instalara una única estación base de telefonía móvil (BTS/Nodo-B) con los distintos equipos radio de cada uno de los operadores. Tal y como ya se ha comentado en el primer capítulo, con una sola estación base por operador se cubren las necesidades de capacidad de cada uno de ellos, por lo que la implantación de más estaciones base implicaría un aumento de los costes y un gasto innecesario de recursos.

De esta forma, todos los equipos de los distintos operadores y de las distintas tecnologías se instalarán en una sala de una de las estaciones y desde este punto se distribuirá la señal radio para dar cobertura a todas las estaciones de metro. Para poder realizar el diseño de algunas de las infraestructuras necesarias, cada uno de los operadores facilita cuales son las tecnologías que quiere instalar y que equipos va a utilizar para ello. Más adelante se describirán los equipos radio que va a utilizar cada uno de los operadores, así como cada uno de los elementos necesarios en la infraestructura y se definirá la solución tecnológica que se propone para dar cobertura a todas las zonas de este tramo de la red de Metro.

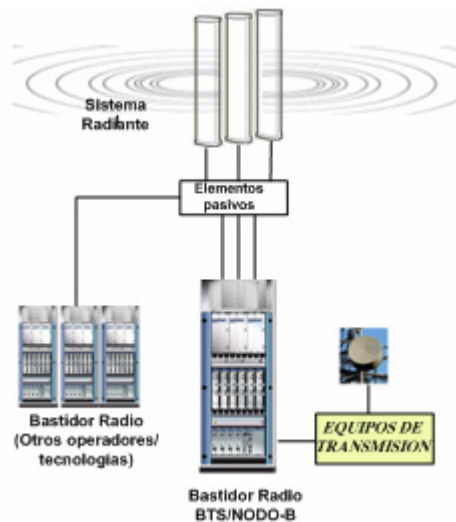


Fig. 4.1. Esquema de una estación base

4.1. Ubicación de la BTS y Equipos Radio.

En la actualidad existen cuatro operadores de telefonía móvil en España. Tres de estas operadoras son adjudicatarias de las licencias para operar en las

bandas de GSM, DCS y UMTS mientras que la cuarta operadora solo es adjudicataria de licencia para operar en la banda de UMTS.

4.1.1. Equipos radio BTS y NODOS-B

Los equipos radio son los encargados de realizar el procesamiento de la señal y proporcionar la señal radio al sistema radiante. Por otro lado, los equipos radio también enlazan con los equipos de transmisión para que la estación base quede integrada con el resto de estaciones base de la red de telefonía móvil. Mediante este enlace la estación base se comunica con la controladora de estación base (BSC o RNC).

En la Tabla 4.1 podemos observar cuáles van a ser las tecnologías implantadas por cada uno de los operadores y qué equipos radio van a utilizar. En este cuadro también se puede observar la potencia máxima que pueden entregar al sistema radiante. Este dato será de gran utilidad para saber de qué potencias se dispone a la hora de diseñar el sistema radiante.

Tabla 4.1: Tecnologías por operador y equipos radio utilizados

	TECNOLOGIA	EQUIPOS RADIO	FABRICANTE	P. OUT. RF
OPERADOR 1	GSM	RBS 2202	ERICSSON	44.5 dBm
	UMTS	DBS 3800	HUAWEI	46 dBm
OPERADOR 2	GSM	RBS 2206	ERICSSON	45.5 dBm
	UMTS	RBS 3206M	ERICSSON	43 dBm
OPERADOR 3	DCS	RBS 2206	ERICSSON	44.5 dBm
	UMTS	RBS 3216	ERICSSON	43 dBm
OPERADOR 4	UMTS	RBS 3206M	ERICSSON	43 dBm

4.1.2. Dimensiones de los equipos y su alimentación.

Otro dato importante es saber cuáles van a ser los equipos que va a instalar cada uno de los operadores. Esto es necesario para poder determinar el espacio necesario para ubicar la sala de equipos. En el Anexo D se detalla cómo son los equipos radio y qué dimensiones tienen.

Los equipos de Ericsson que se van a instalar están compuestos por un armario donde se integran todas las tarjetas electrónicas de pequeña señal y de potencia. Estos armarios tienen una ocupación de una huella de 600mm x 400mm y de alturas variables desde 1m a casi 2m.

Por el contrario, el equipo de Huawei está compuesto por una tarjeta enracable y un módulo de potencia por cada uno de los sectores. El módulo enracable BBU es el módulo encargado del procesamiento de la señal y los módulos RRU son los encargados de trasladar la señal a la frecuencia de emisión y dar potencia a la señal. Las BBU's se conectan a las RRU's mediante Fibra óptica para minimizar las pérdidas. Éste es un sistema que permite instalar las RRU's lo más cerca posible de las antenas reduciendo la longitud de los cables coaxiales y por lo consiguiente las pérdidas que estos producen.

En el caso que se trata, esta disposición de los equipos de Huawei no aporta ninguna reducción de longitudes de cable coaxial ya que no está permitida la instalación de elementos activos fuera de la sala de equipos.

Todos estos equipos utilizan una alimentación en tensión continua de -48v. Para poder alimentar los equipos radio será necesaria la instalación de un equipo de fuerza con convertidores de 230Vac a -48Vcc. El equipo de fuerza que se va a utilizar es de la marca ELTEK.

El equipo de fuerza ELTEK está compuesto de dos módulos, un modulo de fuerza y un modulo de transporte:

- Modulo de fuerza: El modulo de fuerza viene equipado con seis rectificadores que ofrecen una potencia de 2Kw cada uno de ellos y con la opción de alojar hasta ocho rectificadores. En la parte inferior dispone de dos bandejas para alojar hasta ocho baterías de BACKUP.

En la parte superior se encuentra la electrónica de carga de baterías y dispone de dos fusileras de disyuntores de tensión continua. Una de las fusileras está conectada a la parte no prioritario y la otra al prioritario. La parte que está conectada al prioritario es la parte que está directamente conectada con el BACKUP de baterías, de este modo cuando se produce un corte de la tensión de 230Vac que alimenta al equipo de fuerza, los equipos que se encuentran conectados a la fusilera del prioritario siguen disponiendo de la tensión continua de las baterías. Normalmente los equipos que se conectan a esta fusilera son los equipos de transmisión.

La autonomía de BACKUP depende del número de baterías con las que se equipe el equipo de fuerza, su estado y el número de equipos que estén conectados. Se puede decir que un equipo de fuerza equipado con dos bandejas de batería en buen estado puede tener una autonomía de unas cuatro horas.

Los equipos radio se conectan a la fusilera no prioritaria del equipo de fuerza. Cuando se produce un corte de corriente, los equipos conectados a la parte no prioritaria no pierden la tensión de forma instantánea sino que estos siguen alimentándose del BACKUP durante un cierto tiempo. Este tiempo es configurable y lo que se determina es hasta qué nivel de carga de las baterías se seguirá disponiendo de tensión en la parte no prioritaria.

- Modulo de transporte Este modulo también está dividido en dos partes. Al igual que en el modulo de fuerza, en la parte inferior del modulo de transporte se dispone de otras dos bandejas de baterías. En la parte superior se dispone de un rack de 19". Normalmente este rack se utiliza para enracar los equipos de transmisión o cualquier otro equipo enracable.

El espacio que requiere el equipo de fuerza es de una huella de 1200mm x 600mm y una altura de 1800mm.

A parte de los equipos radio y el equipo de fuerza, también será necesario un bastidor para alojar los equipos de transmisión. Este bastidor será un rack estándar de 19" y con unas dimensiones de 600mm x 6000mm y una altura de 2000mm.

4.1.3. Sala de equipos.

Como ya se ha comentado anteriormente, la ubicación de la sala de equipos depende de la disponibilidad de espacios de cada una de las estaciones implicadas.

En una de las estaciones, Metro dispone de una sala donde tienen ubicado un SAI. Esta sala no está totalmente ocupada y dispone de espacio suficiente para construir la sala de equipos de telefonía móvil. Esta sala se encuentra en el vestíbulo principal de la estación de Centro y es donde finalmente se decide situarla.

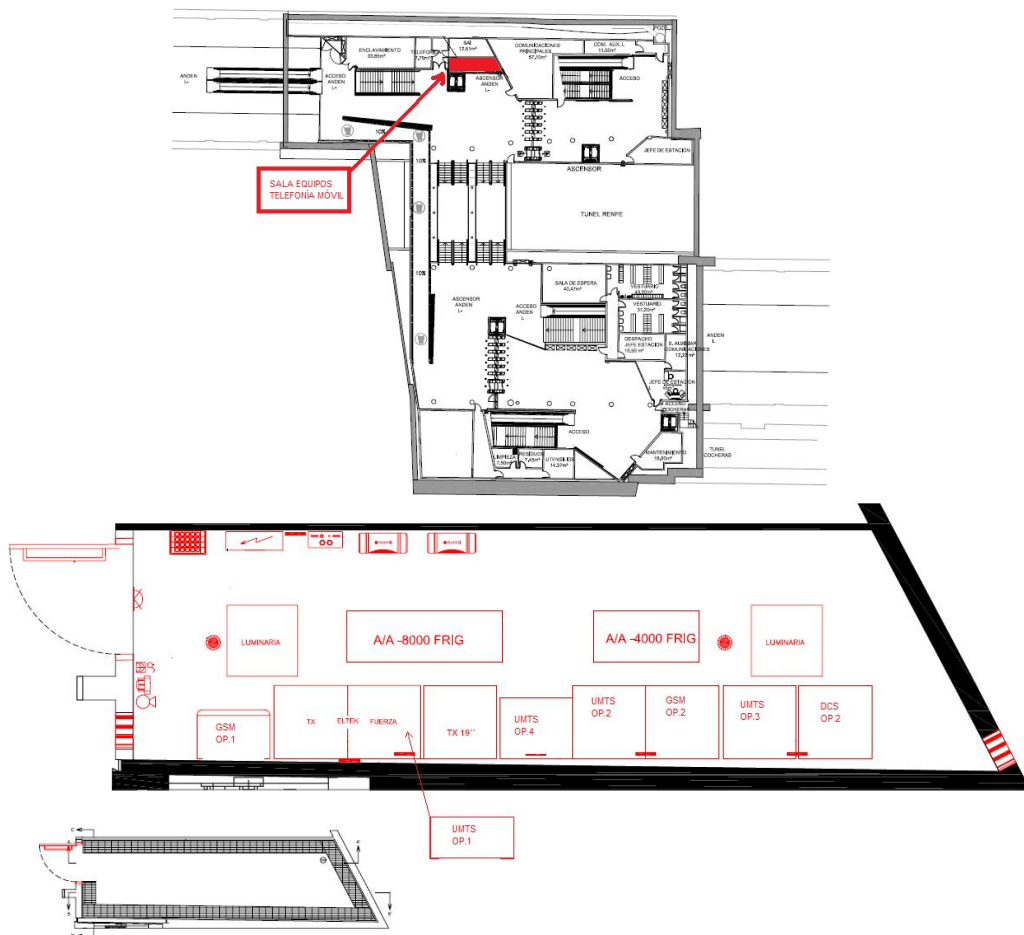


Fig. 4.2. Ubicación de la sala de equipos radio

Para construir la sala de equipos se dividirá en dos partes la sala facilitada por Metro. Una de las partes se seguirá utilizando para el SAI de Metro y en la otra se ubicaran los equipos de los operadores de telefonía móvil.

Para que estas dos salas queden totalmente aisladas la una de la otra se construirá una pared que las separará y una nueva puerta para acceder a los equipos de telefonía. La construcción de la nueva sala tendrá que cumplir las normativas de Metro en cuestión de incendios y materiales.

A parte de los elementos descritos en el apartado anterior, la sala se adecuará para la correcta instalación de los equipos radio y se instalarán los elementos auxiliares tales como climatización, sistema de detección de incendios, luminarias, bandejas perimetrales para los tendidos de los cableados, red de tierras, etc.

4.2. Sistema Radiante (SSRR)

El sistema radiante es el conjunto de antenas o elementos que permiten ofrecer la cobertura radio a los usuarios.

En este caso se presenta un entorno indoor donde se encuentran gran número de obstáculos para la propagación de la señal radio. Las características de las paredes y la forma del entorno (pasillos, vestíbulos, escaleras, etc...) provocan una rápida degradación de la señal radio.

En este tipo de espacios es inviable intentar hacer llegar la cobertura a todos los espacios mediante una sola antena ya que las características físicas del entorno bloquean totalmente la señal radio impidiendo que ésta llegue a todas las zonas.

Para poder dar cobertura a todas las zonas que conforman las estaciones y túneles de metro se utilizará un sistema distribuido de antenas. Los sistemas distribuidos de antenas consisten en la colocación de un conjunto de antenas situadas en puntos estratégicos de forma que se consiga cubrir la totalidad de los espacios con el mínimo número de antenas.

Estos puntos estratégicos donde colocar las antenas vienen determinados por las características físicas, la forma del entorno y la distribución de usuarios. Para establecer este diseño se debe evaluar el entorno para determinar su ubicación y posición así como la viabilidad de la instalación.

Para poder determinar los puntos donde se colocarán las antenas es necesario realizar visitas in situ. A estas visitas se les denomina replanteos y consisten en visitar las zonas a cubrir para determinar la mejor situación de las antenas.

4.2.1. Compartición del sistema radiante

Una característica importante en este tipo de instalaciones es que se tiene que compartir una misma antena para los 4 operadores, contemplando los diferentes tipos de tecnologías que vaya a instalar cada uno de ellos. A la antena llegará un único cable, por lo que todas las señales deberán ir por este cable, por lo que dificulta el diseño.

Este tipo de soluciones ya se adoptan en las estaciones base convencionales, donde se suelen compartir las antenas para minimizar el impacto visual del sistema radiante. En estos casos el sistema radiante está formado, a parte de las antenas, por elementos que nos permiten combinar las señales de una misma tecnología de los distintos operadores, o combinar las distintas tecnologías existentes en la estación base minimizando el número de antenas utilizadas.

Los elementos que nos permiten la combinación de las señales de los distintos operadores o de las distintas tecnologías son elementos pasivos. Estos elementos son los combinadores híbridos y los diplexores. Los combinadores híbridos son dispositivos de cuatro puertos, dos entradas y dos salidas, que nos permiten combinar señales de una misma tecnología. Los combinadores nos introducen unas pérdidas de inserción que normalmente son de unos 3dB's. Los diplexores son los elementos que nos permiten combinar señales de distintas tecnologías. Estos dispositivos pueden tener tres o cuatro puertos (dos entradas y una salida o tres entradas y una salida) y las pérdidas de inserción que introducen suelen estar alrededor de los 0,3 dB's. También existen combinadores de banda ancha que nos permiten combinar señales de distintas tecnologías pero estos dispositivos no se suelen usar por su elevado coste.

Para que sea posible que el sistema distribuido de antenas sea compartido por los distintos operadores y tecnologías será necesario que se utilicen antenas tribanda GSM/DCS/UMTS.

También será necesario diseñar una etapa de combinación para mezclar la señal radio de las distintas tecnologías. Esta etapa se llamara etapa ECO (Etapa de combinación de operadores) y estará situada en el interior de la sala de equipos, tal y como se observa en la Fig. 4.3.

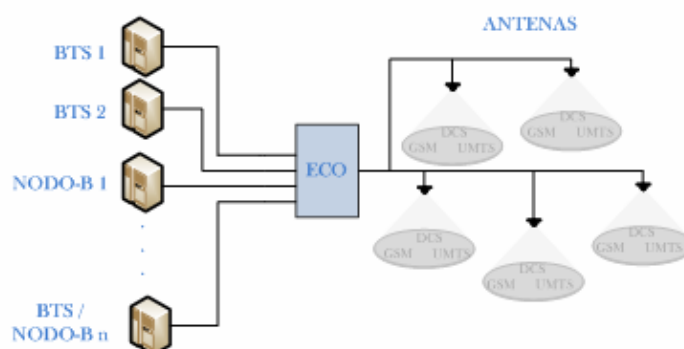


Fig. 4.3. Esquema del sistema distribuido de antenas y etapa de combinación

4.2.2. Antenas escogidas para túneles

Dadas las características de los túneles, las antenas que se utilizan para dar cobertura en su interior son las antenas del tipo log-periódicas. Estas antenas proporcionan un haz de máxima radiación muy directivo permitiendo hacer llegar la cobertura a largas distancias, las características técnicas de estas antenas se pueden ver en el Anexo C.

La posición, número y la distancia entre las antenas vendrá marcada por las características físicas propias del túnel (longitud, curvas, etc.).

4.2.3. Antenas escogidas en andenes y vestíbulos

Dado que cada uno de los espacios que conforman cada estación tienen unas características y una forma única, así como los andenes pueden tener diferentes características (un solo andén para los dos sentidos, andenes diferentes para cada sentido, con curva, rectos, etc.), no se puede definir un solo tipo de antena para dar cobertura a estos espacios. En el Anexo C se pueden ver las características técnicas de las diferentes antenas que se utilizan, aunque la decisión de la ubicación y el tipo se determinan en la visita de técnica, o replanteo, que se realiza in situ.

4.3. Sistema de repetidores ópticos (distribución de la señal radio)

El principal problema que se presenta en el diseño, es el de cómo hacer llegar la señal radio a todas las estaciones con unos niveles de señal mínimos a la entrada de las antenas para garantizar una buena cobertura.

Como ya se comenta anteriormente, los equipos radio se ubican en una de las estaciones y desde allí se tiene que distribuir la señal radio a todas las zonas a las que se debe dar cobertura. La distancia desde la ubicación de los equipos radio hasta el punto más lejano donde se debe dar cobertura es aproximadamente de unos 5,5 kilómetros en línea recta.

Estas distancias hacen inviable plantearse una solución donde se haga llegar la señal radio directamente con cable radiante. Si tenemos en cuenta que para un cable coaxial de 1-5/8" con unas pérdidas en la banda de UMTS (2100Kz) de 1,13 dB/100m (banda de frecuencia más desfavorable) y una distancia de 5,5 Km. desde los equipos radio a la antena, tenemos unas pérdidas de 62,15 dB's. A parte de las pérdidas del cable coaxial se tendría que añadir las pérdidas aportadas por cada uno de los elementos pasivos que se inserten para distribuir la señal hacia el resto de antenas. Esto significa que prácticamente se destinaría toda la potencia disponible de los equipos radio a una sola antena sin poder asegurar que el nivel de potencia que nos llegaría a esa antena sería suficiente para garantizar unos buenos niveles de cobertura. Estas consideraciones hacen inviable distribuir la señal radio directamente con cable coaxial.

Otra opción sería la de insertar amplificadores de potencia en el cable coaxial. El problema que se presenta con esta opción es el elevado número de amplificadores que se deberían utilizar. Otro de los problemas que presenta esta solución es el nivel de ruido añadido a la señal radio por cada uno de los amplificadores. Al estar colocados en serie, el nivel de ruido de cada uno de los amplificadores se iría sumando con el nivel de ruido de los amplificadores anteriores. Esto provocaría una degradación de la relación señal a ruido empeorando la calidad de la cobertura. A parte, los sistemas que utilizan

amplificadores suelen tener mayores problemas de distorsión e intermodulación, y requieren un mayor mantenimiento.

4.3.1. Sistema de repetidores de fibra óptica.

Se necesita encontrar un sistema que permita transportar la señal radio a largas distancias y con bajas pérdidas que permita hacer llegar a las antenas la potencia suficiente para ofrecer unos buenos niveles de cobertura.

Para resolver esta problemática se propone hacer llegar la señal radio al resto de estaciones mediante un sistema de repetidores de fibra óptica combinado con el sistema distribuido de antenas descrito en el apartado 4.2.

Dadas las bajas pérdidas y las altas velocidades de transmisión de la fibra óptica permiten transportar la información a largas distancias con el mínimo retraso.

Los sistemas de distribución mediante repetidores ópticos consisten en una unidad central (Master Unit) conectada a varias unidades remotas a través de cable de fibra óptica. Las características técnicas de los repetidores ópticos se pueden consultar en el Anexo F.

La unidad central transforma la señal de radiofrecuencia a señal óptica para poder ser transmitida mediante fibra óptica. Los repetidores realizan el proceso inverso, transformando la señal óptica a señal de radio frecuencia. Con este sistema, la potencia disponible para ofrecer la cobertura en los puntos remotos ya no depende de la potencia disponible en los equipos radio, sino que depende de la potencia de señal de radio frecuencia que puede ofrecer el repetidor.

En el esquema de la Fig. 4.4. se puede observar como sería a grandes rasgos la solución que se propone.

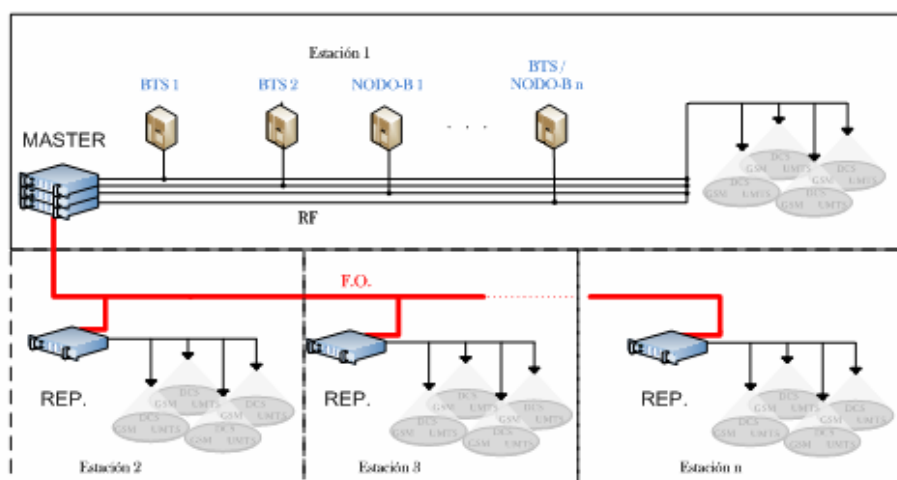


Fig. 4.4. Esquema de repetidores ópticos

Con este esquema el diseño contempla la implantación de una estación base de telefonía móvil en una de las estaciones y diez estaciones remotas con la siguiente distribución:

- 1 emplazamiento con estación base (BTS GSM-DCS / Nodo B UMTS / Master Unit F.O.).
- 7 emplazamientos con estaciones remotas con repetidores ópticos.
- Previsión de 3 emplazamientos como estaciones remotas con repetidores ópticos.

En la sala de equipos se ubican los equipos radio y la unidad central del sistema de distribución fibra óptica. Parte de la potencia que ofrecen los equipos radio es utilizada para ofrecer la cobertura a la propia estación donde se ubica la sala de equipos y el resto de la potencia se destina a la unidad central de fibra óptica para que sea transmitida a los repetidores. En el resto de estaciones se instalan los repetidores ópticos. A estos les llegará la señal óptica y la transforman a señal de radiofrecuencia que se transmitirá en las zonas a cubrir mediante un sistema distribuido de antenas.

Esta configuración requiere que en cada una de las estaciones se disponga de un pequeño espacio donde se puedan ubicar los repetidores. Metro pone a disposición de los operadores pequeños espacios en cada una de las estaciones. De este modo no sólo será necesario acondicionar la sala de equipos radio sino que también se tendrá que acondicionar pequeñas salas para los repetidores.

Otro bloque que se tendrá que diseñar para el esquema propuesto es la división de la potencia ofrecida por los equipos radio (BTS/NODO B) entre la potencia destinada a la propia estación y la parte que se destina al resto de estaciones. Esta división de potencia tiene que estar balanceada de forma que se obtenga la potencia requerida a la entrada de la unidad central de distribución del sistema sobre fibra óptica y que se disponga de potencia suficiente para ofrecer la cobertura en la propia estación.

4.4. Sectorización.

El sistema de estación base utilizado para dar cobertura a las estaciones de metro es un sistema trisectorial. Según el estudio de capacidad de los equipos radio que realizaron los operadores, cada uno de los sectores como máximo pueden dar servicio a 4 estaciones de la red de metro.

El diseño a ejecutar debe dar servicio a las ocho estaciones existentes actualmente y tener en cuenta que en un futuro se deberá dar cobertura a las tres nuevas estaciones desde la misma estación base.

Para ofrecer el servicio a las ocho estaciones existentes, es suficiente con la disposición de dos sectores ya que por cada sector se puede cubrir hasta 4 estaciones. De este modo el tercer sector se deja en previsión para ofrecer el servicio en las tres estaciones que se encuentran en fase de construcción. Esta disposición también permite que a la hora de ejecutar la ampliación a las nuevas estaciones, no se vea afectado el servicio prestado en las estaciones existentes.

De este modo los sectores 1 y 2, darán cobertura cada uno de ellos a cuatro estaciones de la red de metro y el sector 3, dará cobertura a tres estaciones. La distribución de los sectores se puede observar en la Tabla 4.2.

Esta distribución se realiza de forma continua de tal forma que cada uno de los sectores dará servicio a estaciones que se encuentran de forma consecutiva.

Esta distribución de los sectores se realiza de esta forma para minimizar el número de operaciones de traspaso de llamada entre sectores (handover). El hecho de que en un tren viaje un elevado número de usuarios, hace que el número de operaciones de handover simultáneos sea muy grande y por ello se considera una operación con gran riesgo de producirse cortes de las llamadas (drop). No es posible minimizar el número de operaciones de Handover que se producen en un punto, pero sí que es posible reducir el número de puntos donde se produce esta operación. Por esta razón se prima en el diseño la minimización de los puntos donde se producen estas operaciones.

Como se puede observar en la Tabla 4.2, a parte de los puntos de traspaso de llamadas entre estaciones base, que son inevitables, sólo se producirán operaciones de traspaso de llamadas entre sectores de la misma estación base en dos puntos de toda la zona a cubrir. Estos dos puntos se encontraran localizados aproximadamente en la zona intermedia de los túneles que unen las estaciones de CERCANIAS - PL. ESPAÑA, y AEROPUERTO - FUTURA ESTACION 1.

Tabla 4.2: Distribución de sectorización y equipos a instalar por ubicación

NOMBRE DEL EMPLAZAMIENTO	ASIGNACIÓN DE SECTOR	EQUIPOS A INSTALAR
Av. Hospital	1	Repetidor
Paseo Marítimo	1	Repetidor
Centro	1	BTS GSM-DCS / Nodo B UMTS / Master Unit F.O
Cercanías	1	Repetidor
Pl. España	2	Repetidor
Rondas	2	Repetidor
Pl. Europa	2	Repetidor
Aeropuerto	2	Repetidor
FUTURA ESTACIÓN 1	3	Repetidor
FUTURA ESTACIÓN 2	3	Repetidor
FUTURA ESTACIÓN 3	3	Repetidor

4.5. Enlace de transmisión.

Se entiende como enlace de transmisión el medio físico utilizado para la implementación de la interfaz A-bis y lub de la infraestructura de GSM/DCS y UMTS respectivamente. La interfaz entre los equipos radio y las controladoras

BSC y RNC (interfaz A-bis y Iub respectivamente) se realizan sobre una red de acceso ATM. Los equipos radio disponen de tarjetas de acceso ATM para la implementación de esta interfaz.

Las tarjetas de acceso ATM de los equipos radio disponen de 4 u 8 circuitos digitales de 2Mbps (tributarios E1). Cada E1 proporciona 30+2 canales de 64Kbps. Para la capacidad de los equipos GSM/DCS con la conexión de dos E1 es suficiente para transportar el tráfico generado. El 1º E1 se utiliza para el canal de transmisión del equipo radio hacia la BSC y el 2º E1 se utiliza para el canal de recepción. Para la interfaz Iub de UMTS se utilizan 4 tributarios (4 E1), dos para transmisión y dos para recepción, debido al mayor tráfico que soportan.

La implementación física de esta interfaz se suele realizar mediante radioenlaces punto a punto, pero la demanda de alta velocidad de transmisión de datos que actualmente se requiera empieza a abrir las puertas a las conexiones de banda ancha como conexiones DSL sobre par telefónico o conexiones sobre Fibra óptica para la implementación de esta interfaz.

4.5.1. Alcance de las infraestructuras a implementar.

No es objeto del proyecto el diseño de la red de transmisión entre los equipos radio (BTS / NODO B) y la BSC o RNC de todos los operadores ya que cada uno de ellos decide cómo y qué infraestructura utiliza para la transmisión. Sí que es objeto definir e implementar las infraestructuras necesarias para dar salida desde la sala de equipos hasta la calle del operador que lidera el proyecto en esta fase y proveer los espacios requeridos en la sala de equipos para alojar los equipos de transmisión de cada uno de los operadores.

La transmisión del operador que lidera el proyecto saldrá a través del anillo de fibra óptica del que dispone. De este modo se tienen que definir las infraestructuras necesarias para interconectar los equipos de transmisión de la sala de equipos hasta el anillo de fibra óptica del operador.

4.5.2. Infraestructura común para la transmisión.

Como infraestructura común para los equipos de transmisión de los operadores, se definen los espacios necesarios para alojar estos equipos y sus puntos de alimentación.

En la sala de equipos se instalará un rack de 19" de 2 m de altura para alojar los equipos de transmisión de todos los operadores.

En el rack de 19" que se instalará en la sala de equipos se dispone de 42U's. El espacio disponible en el rack se dividirá en cuatro zonas por lo que se reservará un espacio de 10U's para cada uno de los operadores. Este espacio es suficiente para alojar cualquier tipo de equipo de transmisión y sus elementos auxiliares de interconexión.

Los equipos de transmisión se alimentarán a -48Vcc y se conectarán a los disyuntores del equipo de fuerza Elteck en su fusilera prioritaria para disponer

de backup de baterías. Cada uno de los operadores realizara el cableado de alimentación desde los equipos de transmisión a los disyuntores prioritarios asignados.

4.5.3. Infraestructura para la transmisión del operador 1.

La transmisión del operador 1 saldrá mediante cable de fibra óptica conectada al anillo de fibras del que dispone.

Para poder conectar los equipos de transmisión al anillo de fibras que pasa por la calle, se instalará una manguera de fibras de 64 fibras monomodo desde la sala de equipos hasta una arqueta existente situada en una de las calles colindantes a la estación de metro.

La arqueta del anillo de fibras se encuentra junto a un pozo de ventilación del túnel que une las estaciones Centro Ciudad y Paseo Marítimo. El recorrido de la manguera de fibras bajará desde la sala de equipos situada en el vestíbulo de la estación hasta el andén por un nuevo pasamuros entre plantas. Desde este punto cruzará de un extremo al otro del andén por las canalizaciones existentes que pasan por debajo del andén. Una vez llegado al túnel, la manguera irá enfundada por nanotubo grapeado a la pared hasta llegar al pozo de ventilación. Desde el interior del pozo se taladrará la pared hasta llegar a la arqueta de fibras. En este punto se dejará la fibra en punta para que la empresa que gestiona el anillo de fibras realice la fusión de las fibras.

En la sala de equipos, esta manguera llegará hasta un repartidor de fibras (ODF) situado en el rack reservado a los equipos de transmisión.

En la Fig. 4.5. se puede observar un esquema de los elementos que componen la salida de la transmisión y sus conexiones.

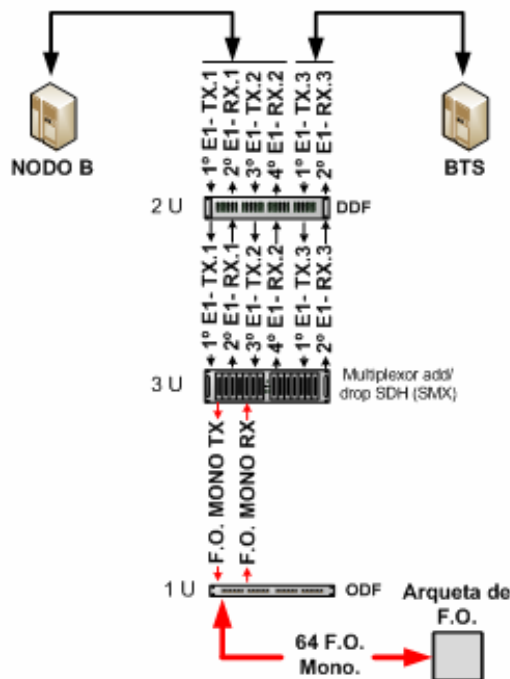


Fig. 4.5. Esquema de transmisión

4.6. Esquema global

Una vez explicadas todas las características de los diferentes equipos necesarios para dar el servicio, el sistema quedaría tal y como se observa en la siguiente figura.

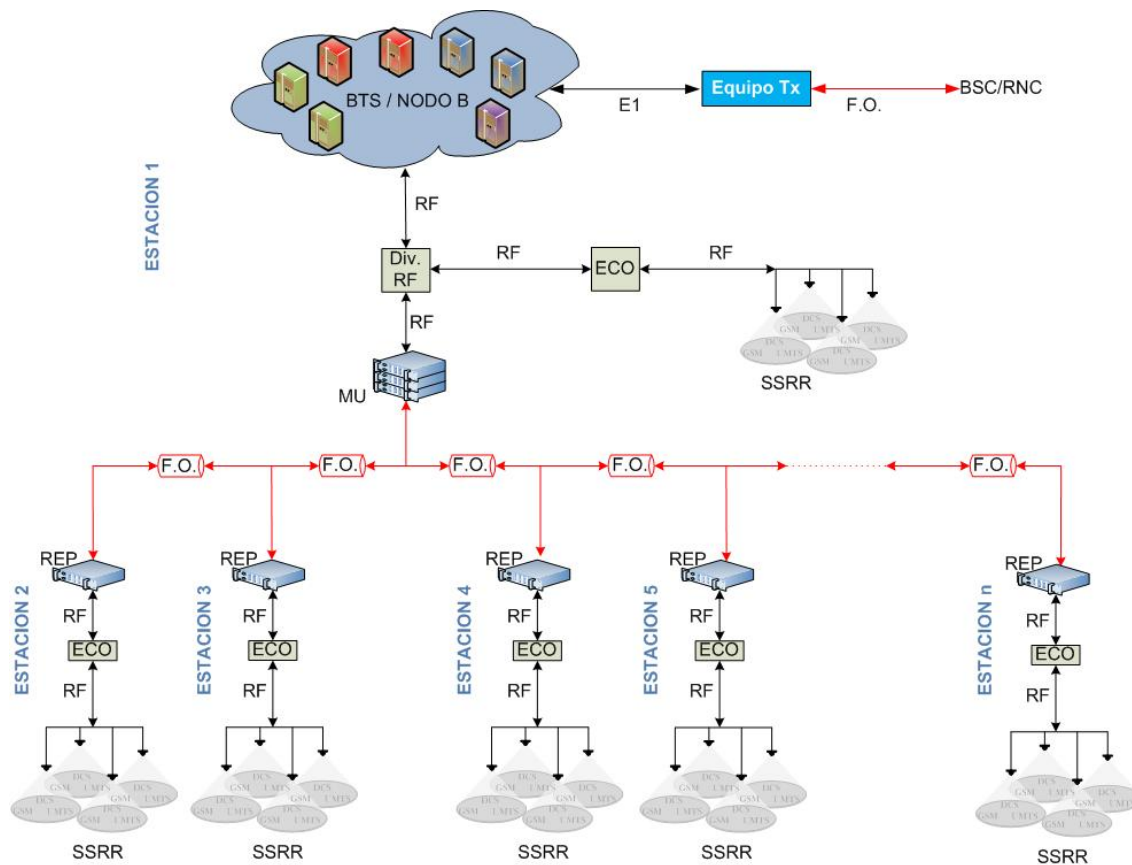


Fig. 4.6. Esquema general del diseño

CAPITULO 5. DISEÑO DEL SISTEMA RADIANTE (SSRR)

Hasta ahora se han explicado las condiciones básicas que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el diseño, para más tarde instalar la infraestructura de red, así como la demostración de las ventajas de instalar antenas frente al cable radiante en este tipo de instalaciones.

En este capítulo se profundiza plenamente en el diseño de la infraestructura de la red. Para realizar este diseño, se deben definir las etapas de combinación de operadores, así como el esquema de conexión del cable coaxial y de las antenas (esquema unifilar) para la distribución de la señal. Se indicarán los elementos pasivos que se disponen para hacer esta distribución así como las ventajas e inconvenientes que tienen.

Por último se explica como se realiza un balance de potencias, partiendo del unifilar que se ha diseñado anteriormente. De esta forma se sabe si la potencia que recibe cada una de las antenas se encuentra dentro del margen que imponen los operadores como bueno para poder dar servicio.

5.1. Diseño de la etapa de combinación de operadores (ECO)

Se debe distinguir entre dos etapas ECO distintas. Una para la sala donde se ubican los equipos radio, que llamaremos ECO1, y otra que se ubicará en cada una de las salas de repetidores y que llamaremos ECO2.

Para el diseño de las etapas eco se utilizarán elementos pasivos tales como los combinadores y los triplexores. Los combinadores se utilizaran para mezclar señales de una misma tecnología y las pérdidas que introducen son de 3 dB.

Para mezclar las señales radio de las tres tecnologías a la vez, y así disminuir el número de pasivos, se utilizan los triplexores. Las pérdidas que introducen los triplexores dependen de la frecuencia de trabajo siendo estas de 0.15dB para la banda de GSM, 0.25dB's para la banda de DCS y 0.35 para el UMTS. Estos datos se pueden consultar en las hojas de características de los triplexores y los combinadores que se encuentran en el Anexo E.

Tanto la ECO1 como la ECO 2 se diseñan de forma que dispongan de dos salidas para poder realizar la distribución de las antenas desde dos ramales distintos. Con este formato de diseño también se minimizan las partidas introducidas por estas etapas.

5.1.1. Diseño ECO 1

Tal y como se enumera en el capítulo cuarto, en la sala de equipos se instalan siete equipos radio con las tres tecnologías (2 equipos GSM, 1 equipo DCS y 4 equipos UMTS). De este modo la etapa ECO1 será un sistema de siete puertos de entrada y dos de salida.

Para combinar la señal RF de los distintos equipos radio se necesita la utilización de cinco combinadores (1 para los dos GSM, uno para el DCS y 4 para los cuatro UMTS) y dos triplexores GSM/DCS/UMTS dispuestos tal y como se muestra en la Fig. 5.1.

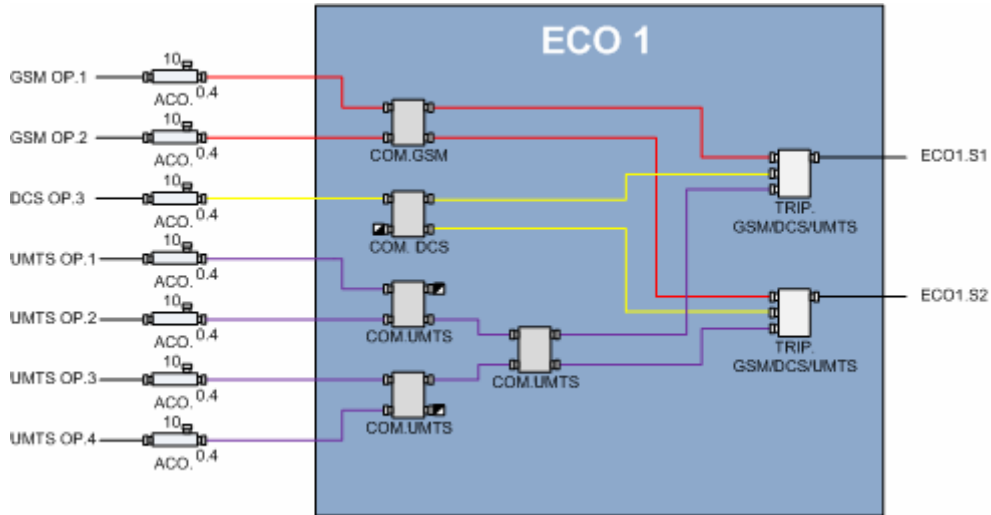


Fig. 5.1. Etapa ECO 1

La potencia RF de salida de los equipos radio se configura para que entreguen una potencia inferior a los 10W para el cumplimiento de la normativa de emisiones radioeléctricas. Entre los operadores se acuerda que la potencia radio de salida de los equipos está configurada a 39dBm.

Para el cálculo de la potencia de salida de la etapa ECO1, hay que recordar que la potencia de entrada no es directamente la entregada por los equipos radio, sino que previamente esta pasa por los acopladores direccionales de 10dB's que nos permite derivar parte de la señal radio hacia la unidad master de fibra óptica. Así que la potencia de entrada a la etapa ECO1 será la disponible en la salida directa de los acopladores. Para el acoplador de 10dB, la salida directa introduce unas pérdidas de 0,4dB.

Tabla 5.1: Potencias resultantes en la etapa ECO 1

Tecnología	Potencia de entrada a la ECO (dBm)	Perdidas etapa ECO (dB)	Potencia de salida S1 a la ECO (dBm)	Potencia de salida S2 a la ECO (dBm)
GSM	38,6	3,15	35,45	35,45
DCS	38,6	3,25	35,35	35,35
UMTS	38,6	6,35	32,25	32,25

Como podemos ver en la Tabla 5.1, obtenemos un nivel de potencia a la salida de la etapa ECO1 superior a los +24dBm mínimos requeridos (Sección 1.3.2).

5.1.2. Diseño ECO 2

Los repetidores ópticos proporcionan una salida por cada una de las tecnologías GSM/DCS/UMTS. De este modo la etapa ECO2 será un sistema de tres puertos de entrada y dos de salida.

Para combinar la señal RF de las distintas salidas de los repetidores se necesita la utilización de tres combinadores, uno para cada una de las tecnologías para poder obtener las dos salidas requeridas de la etapa ECO, y dos triplexores GSM/DCS/UMTS dispuestos tal y como se muestra en la Fig. 5.2.

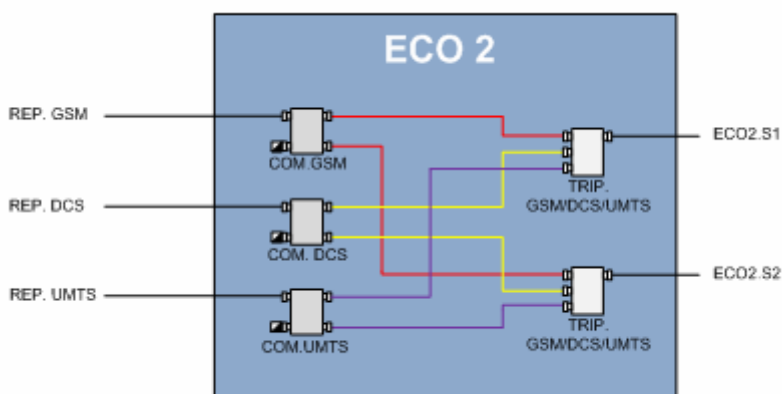


Fig. 5.2. Etapa ECO 2

Para el cálculo de la potencia disponible a la salida de la etapa ECO2, se ha tenido en cuenta la potencia entregada a la salida RF de los repetidores.

Tabla 5.2: Potencias resultantes en la etapa ECO 2

Tecnología	Potencia de entrada a la ECO (dBm)	Perdidas etapa ECO (dB)	Potencia de salida S1 a la ECO (dBm)	Potencia de salida S2 a la ECO (dBm)
GSM	29	3,15	25,85	25,85
DCS	30	3,25	26,75	26,75
UMTS	30	3,35	26,65	26,65

En este caso también se supera el requisito de una potencia mínima a la salida de +24dBm.

5.2. Pérdidas a considerar y características básicas de antenas

Una de las claves más importantes a la hora de realizar el diseño del unifilar es tener muy en cuenta todas las pérdidas que se van a tener con la instalación de los elementos pasivos y los cables coaxiales, así como las diferentes ganancias que proporcionan las antenas.

Para realizar la instalación se utilizarán tanto divisores como acopladores, estos últimos de dos o tres salidas. Las antenas que se van a emplear son de cuatro tipos diferentes, omnidireccionales, paneles indoor, helicoidales y bilobulares.

En la tabla siguiente se resumen todas las pérdidas a tener en cuenta a la hora de realizar el balance de potencia así como para calcular la potencia exacta que llega al usuario. En los apartados siguientes se explica como se realiza el diseño del unifilar y el balance de potencias.

Tabla 5.3: Perdidas a tener en cuenta en el diseño

Elementos	GSM	DCS	UMTS
Modelo de propagacion	Espacio libre		
Wagon Loss (dB)	10		
Body Loss (dB)	12		
Cable 1/2" Super Flex (dB/100m)	11,6	16,6	17,6
Cable 1/2" (dB/100m)	7,12	10,1	10,7
Cable 7/8" (dB/100m)	4,2	5,75	6,11
Cable 1-5/8" (dB/100m)	2,38	3,35	3,71
Atenuacion conector (dB)	0,1		
Descargador (dB)	0,2		
Antena OMNI, Gain (dBi)	2		
Antena Panel, Gain (dBi)	7		
Antena Bilobular, Gain (dBi)	5	5,5	6,5
Antena Logperiodica, Gain (dBi)	11		
Acoplador (dos salidas)	1dB – 7dB / 0,4dB – 10dB		
Divisor (dos salidas)	3,2dB - 3,2dB		
Divisor (tres salidas)	5,2dB - 5,2dB – 5,2dB		

Las especificaciones detalladas de todos estos elementos se pueden encontrar en los Anexos B, C y E.

5.2.1. Diseño del unifilar

Para el diseño de la instalación se necesita la realización de un esquema de conexiones del cable coaxial y las antenas (esquema unifilar), en el cual se plasmará la información de los cables que se van a utilizar y sus longitudes, los elementos pasivos que se van a instalar y las antenas que darán cobertura. Este unifilar será útil más adelante para realizar el cálculo del balance de potencias y poder estimar las potencias que se tendrá a la salida de la antena.

En la Fig. 5.3 se puede observar un ejemplo de unifilar de una de las estaciones que afectan a este proyecto, concretamente a la estación de Paseo Marítimo.

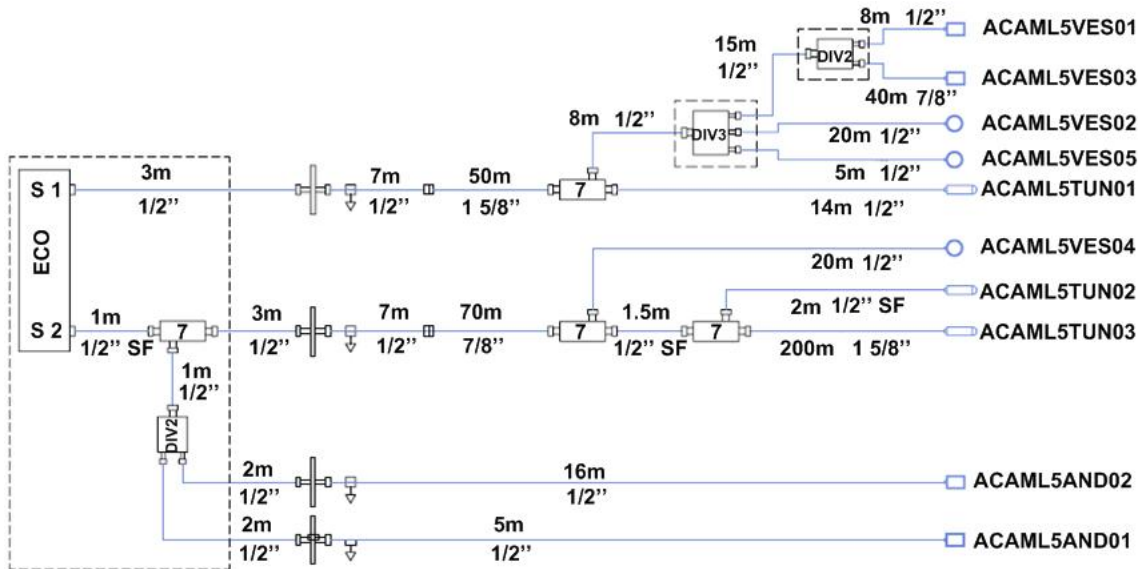


Fig. 5.3. Unifilar

A continuación se explica este unifilar con detalle y el por qué se ha escogido este tipo de distribución para cada antena.

Como se puede observar, consta de cuatro ramales a la salida de la etapa ECO2: la salida 1 que sale directa y la salida 2 que se bifurca en tres ramales diferentes con la ayuda de un acoplador seguido de un divisor de dos salidas. Este procedimiento permite hacer tantas ramificaciones como antenas tengamos, la posición de estos elementos vendrá determinada por los elementos que le suceda (elementos pasivos, longitud de cable, tipo de cable, etc.).

Existe un elemento común en todos los ramales, este es el descargador seguido de su kit de tierras. El descargador es un elemento de protección que se sitúa a la entrada de las salas de equipos y se encarga de cortar el cable cuando se tiene una descarga eléctrica a través del cable central del coaxial.

A continuación, como se puede ver en los dos primeros ramales, se han instalado dos conectores para unir cables de diferente diámetro. La primera tirada de cable son 7 metros con cable de $\frac{1}{2}$ pulgada, ya que es necesario pasarlos por un espacio reducido en curva. La siguiente tirada de cable es de gran longitud, entre 60 y 70 metros, en estos casos se instalarán cables de $\frac{7}{8}$ y $1+\frac{5}{8}$ pulgadas, para que la señal experimente las mínimas pérdidas posibles. La instalación de un tipo de cable u otro vendrá dada por las características del espacio donde se tiene que instalar. En los otros dos ramales no se instalarán conectores, ya que un mismo tipo de cable va directamente a la antena.

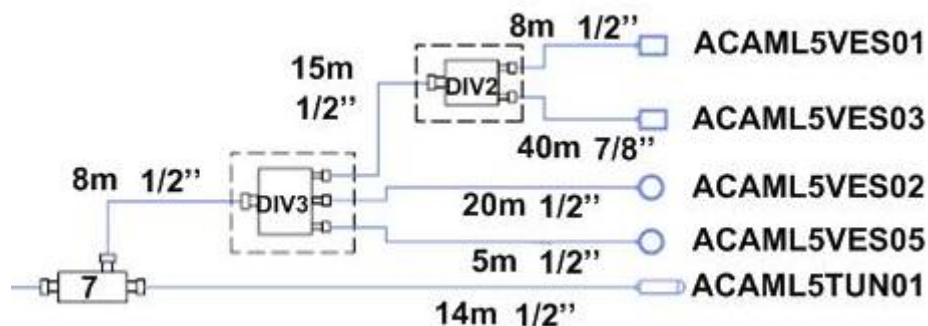


Fig. 5.4. Ramal 1

En la Fig. 5.4. se observa como se distribuye la señal, con la ayuda de diferentes pasivos. Esta figura se corresponde con el primer ramal del esquema unifilar anteriormente descrito.

De este ramal dependerá la potencia de 5 antenas, por lo que se deberá instalar como mínimo tres elementos pasivos. La elección de estos elementos pasivos dependerá de la tirada de cable que venga a continuación, la potencia que tenga a la entrada, el tipo de antena final y la situación de dicha antena.

El primer elemento que se encuentra es un acoplador de 7dB de pérdidas, la salida directa del acoplador tiene una atenuación de 1dB y va con un cable de 16m de 1/2" a una antena helicoidal que se instalará en un túnel. Se observa que a esta antena le llegara un mayor nivel de potencia. El área a cubrir por esta antena es mayor que la del resto de antenas de este ramal por lo que es necesario que le llegue un nivel de potencia más elevado. Las otras cuatro antenas, se instalarán en los vestíbulos, lugares más diáfanos y de menor superficie, y al poder instalar más de una antena (para esta estación 5 antenas en los vestíbulos) no es necesaria tanta potencia de salida.

A la salida secundaria del acoplador, con unas pérdidas de 7dB se instala un triplexor, divisor de tres salidas, donde cada salida tiene 5,2dB de atenuación. Dos de estas salidas irán directamente a dos antenas omnidireccionales con 2dB de ganancia. En la tercera salida se instalará un diplexor con 3,2dB de atenuación por cada una de las bocas de salida, cada una de las cuales irá a parar a dos antenas panel de 7dB de ganancia. Aunque se observa que a la entrada de las antenas panel la señal que llega presenta más atenuación que a la entrada de las antenas omnidireccionales, se compensa con la ganancia de cada antena, de tal modo que la potencia radiada por estas cuatro antenas será equitativa.

5.2.2. Balance de potencia del sistema distribuido de antenas

Para tener una buena calidad de enlace, y aunque la sensibilidad del terminal móvil sea aproximadamente de -110dBm, la experiencia nos dice que es necesario obtener un nivel de potencia en la antena del terminal móvil de -85 dBm en todas las tecnologías para ofrecer una buena calidad de servicio.

Para calcular la potencia emitida en cada una de las antenas, se realiza el cálculo de potencias, donde se calcula la potencia que existe en cada punto del unifilar, y el cual servirá para verificar que el unifilar está bien diseñado o, por el contrario, se debe replantear el diseño.

A continuación, en las Tablas 5.4 y 5.5, se muestra un resumen del balance de potencias del unifilar descrito anteriormente para la tecnología de UMTS. En el Anexo H se puede ver una tabla resumen de todos los balances de potencia para todas las estaciones.

Este balance de potencias se puede dividir en dos partes, la primera sería la atenuación acumulada por los elementos que forman el diseño, y la segunda parte son las pérdidas de propagación que sufre la señal.

En la primera parte del balance de potencias (Tabla 5.4), se observan las atenuaciones que introducen los elementos pasivos y el cable instalado. La tercera columna muestra información de la atenuación que se va acumulando desde la salida del repetidor. En las siguientes columnas, se introducen los metros de cable con la atenuación correspondiente a cada tipo de cable y los elementos pasivos que existen para distribuir la señal. Por último, la columna de atenuación total, es la suma de todas las atenuaciones acumuladas. A partir de esta última columna se sabe la atenuación de la señal a la boca de antena.

En la segunda parte del balance (Tabla 5.5) de potencias se indica la potencia que llega a cada antena, la cual se obtiene restando las pérdidas obtenidas en la primera parte del balance y la potencia de salida del repetidor. En la segunda columna encontramos la ganancia de la antena. Sumando estos dos parámetros, se encuentra la potencia radiada por cada una de las antenas (PRA) indicada en la tercera columna.

A continuación se necesita calcular la potencia que llega al terminal móvil. Para ello se utilizará las pérdidas de acoplamiento, pérdidas por la densidad de personas y las pérdidas por el vagón de metro, las cuales se explicaron en el Apartado 3.1. Como se puede observar, las pérdidas por el vagón de metro solo se considerarán en las antenas que cubran túneles y andenes. Con estas magnitudes se calcula las pérdidas totales del enlace, las cuales servirán para obtener la potencia total que llega a la antena del terminal móvil (Pot mín). Por último, en la última columna, se encuentra el margen de seguridad, el cual informa de los dB que tenemos de margen con la potencia objetivo de -85dBm para ofrecer una buena calidad de servicio a los usuarios de la red.

Para que este estudio fuera completo, se necesitaría sumar la ganancia de la antena del terminal móvil, pero en el mercado existen infinidad de modelos de terminales, donde cada uno de ellos dispone de una ganancia diferente, por lo que esta no se añade al balance de potencias.

Tabla 5.4: Balance de potencias, etapa de elementos pasivos

Descripción	Cód. EI.	Atenu. In	Cable (m)	Aten. cab.	At (dB)	Elem.	At.	Cable (m)	Aten. cab.	At	Elem.	At.	Cable (m)	Aten. cab.	At	TOTAL Aten.
Armario en andén	CCAML5AND1	0,000			0		0	3	11,3	0,539	0,2	0,2	60	6,46	4,076	5,392
Antena 1 túnel	ACAML5TUN01	5,392			0		0			0	1	1,0	85	4,1	3,685	10,654
Armario en andén	CCAML5AND2	0,000	1	17,7	0,377	1	1	3	11,3	0,539	0,2	0,2	10	11,3	1,33	3,446
Armario en andén	CCAML5AND3	3,446			0	7	7	0,5	11,3	0,257	0,5	0,5	40	6,46	2,784	13,807
Armario en vestíbulo	CCAML5VES1	13,807			0		0			0	3,2	3,2	67	6,46	4,5282	22,112
Antena 1 vestíbulo	ACAML5VES01	22,112	16	11,3	2,008	5,2	5	18	11,3	2,234	3,2	3,2	8	11,3	1,104	35,858
Antena 2 vestíbulo	ACAML5VES02	22,112			0		0			0	5,2	5,2	10	11,3	1,33	28,642
Antena 3 vestíbulo	ACAML5VES03	22,112	16	11,3	2,008	5,2	5	18	11,3	2,234	3,2	3,2	40	6,46	0,2885	38,115
Antena 5 vestíbulo	ACAML5VES05	22,112									5,2	5,2	6	11,3	0,878	28,190

Tabla 5.5: Balance de potencias, etapa radio

Descripción	Cód. el.	P. In Ant. (dBm)	G. Ant (dB)	PRA (dBm)	Coupling Loss (dB)	Body Loss (dB)	Wagon Loss(dB)	dist (m)	TOTAL Enlace	Pot mín (dBm)	M. Seg. (dB)
Antena 1 túnel	ACAML5TUN01	15,996	16	32	66,4	12,0	10,0	200	106,965	-74,96	10,04
Antena 1 vestíbulo	ACAML5VES01	-7,2307	7	-0,2	66,4	12,0	0,0	20	76,965	-77,16	7,84
Antena 2 vestíbulo	ACAML5VES02	-1,9922	2	0	66,4	12,0	0,0	20	76,965	-76,96	8,04
Antena 3 vestíbulo	ACAML5VES03	-11,4652	7	-4,5	66,4	12,0	0,0	20	76,965	-81,46	3,54
Antena 5 vestíbulo	ACAML5VES05	-1,5402	2	0,5	66,4	12,0	0,0	20	76,965	-76,46	8,54

CAPITULO 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE REPETIDORES OPTICOS

Una vez realizado el diseño radio, es necesario realizar el diseño del nivel de transporte de la señal. Para ello se utilizan equipos capaces de trabajar con fibra óptica.

Existen múltiples fabricantes que disponen de repetidores que trabajan con fibra óptica. Los operadores de telefonía móvil trabajan concretamente con dos fabricantes, uno de los cuales es el fabricante Powerwave, el cual está homologado por todas las operadoras, por lo que es idóneo para esta instalación.

En este capítulo se entrará en detalle a explicar como se realiza el tendido de fibra óptica a través de las instalaciones. Más adelante se explicarán los módulos repetidores, como se conectan y su funcionamiento. Para terminar se hablará del tipo de conexionado que se implementa, así como de la carta de empalmes de las fibras ópticas.

6.1. Tendido de fibra óptica.

El transporte de la señal radio de una estación a otra se realiza mediante un sistema de repartidores de fibra óptica, tal y como ya se ha comentado en el capítulo cuatro, por lo que será necesario interconectar las salidas de los equipos de los operadores mediante cable de fibra óptica.

La infraestructura de metro dispone de tendidos de fibra óptica a lo largo de toda la red de metro. Estos tendidos de fibra óptica transcurren por los túneles hasta interconectar las salas de comunicaciones de metro que hay en cada una de las estaciones.

Metro dispone de fibras libres y obliga a los operadores a que las alquilen. De este modo los nuevos tendidos de fibra que se realizan sólo van desde las salas de comunicaciones de metro a las salas de equipos de los operadores.

Para la ejecución de la infraestructura Metro pone a disposición de los operadores 8 fibras monomodo por cada tramo de túnel.

En la estación de Centro Ciudad donde se encuentran los equipos radio de los operadores, se instala un repartidor de fibra óptica junto a la unidad master del sistema de fibras. El nuevo tendido de fibras irá desde el repartidor de fibras de metro hasta el nuevo repartidor de la sala de operadores y se conectará a la master mediante latiguillos de fibra óptica.

En el resto de estaciones donde se ubican los repetidores, se instalará una caja de fusiones de fibra junto a los repetidores. De este modo, el nuevo tendido de fibras en las estaciones remotas irá desde el repartidor de la sala de

comunicaciones hasta la caja de fusiones y se conectará a los repetidores con latiguillos de fibra óptica.

Las nuevas mangueras que se instalan entre la sala de comunicaciones y la sala de los equipos de los operadores de telefonía móvil, son mangueras de 16 fibras monomodo. En la sala de equipos radio y repetidores se dejará como mínimo 25m de manguera de fibras enrollado como previsión de posibles reubicaciones de las salas ya que las infraestructuras de metro están en constante cambio.

6.2. Equipos de fibra óptica.

El diseño del sistema contempla una estación base la cual se instalará con el equipo máster del cual colgarán siete equipos repetidores, cada uno de los cuales se instalará en el cuarto de comunicaciones de cada estación. A continuación se explica en que consisten estos equipos.

6.2.1. Unidad Master.

El equipo Master que se utiliza es del fabricante Powerwave y es un equipo modulable para poder ajustarlo a las necesidades del diseño. En concreto, el equipo máster que se utiliza en este caso está formado por cinco módulos que ocupan un espacio de cinco unidades rack.

El equipo master (Fig. 6.1) está formado por tres módulos de atenuación VAM, un modulo de combinación RCM y un modulo conversor óptico OCM.

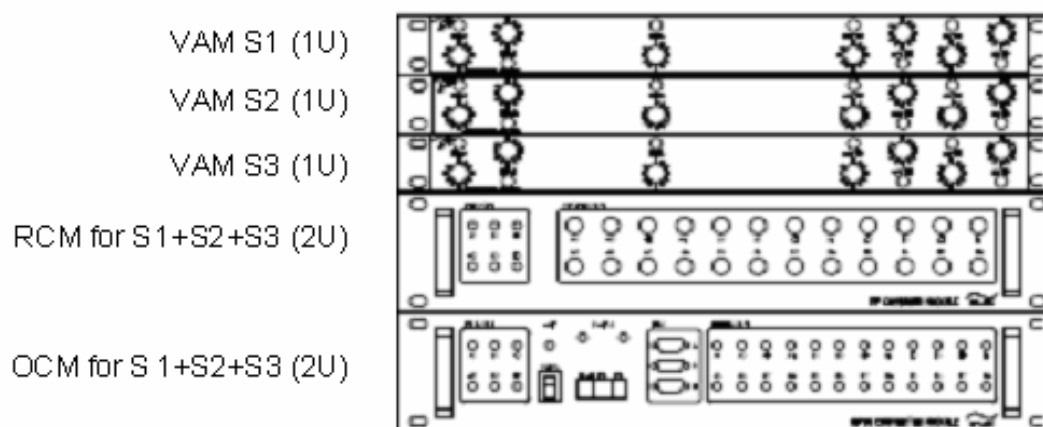


Fig. 6.1. Unidad Master

6.2.1.1. Módulo VAM

El modulo VAM es un modulo de atenuación. Este modulo dispone de 12 puertos de entradas de señal RF por la parte posterior y 12 puertos de salidas en la parte frontal, correspondientes a 4 entradas y 4 salidas por cada una de las tecnologías (GSM/DCS/UMTS). Este modulo dispone de un atenuador variable de señal RF para cada una de las entradas.

Este modulo es necesario para poder ajustar las potencias de RF que llegan al sistema óptico. Para un buen funcionamiento del sistema es necesario que todas las potencias de entrada de las distintas tecnologías y distintos operadores estén equilibradas entre ellas y así no sufrir una posible saturación en el sistema de repetidores ópticos.

Este modulo también es necesario para limitar la potencia máxima a la entrada del modulo RCM y OCM ya que estos módulos tienen limitaciones de la potencia máxima que se puede conectar a sus entradas.

Para el diseño de la infraestructura de metro se utilizan tres módulos VAM, uno para cada sector. Como los equipos radio están configurados de forma que los canales RX/TX salgan por un solo cable, por cada uno de los modulo VAM se utilizan 4 atenuadores para UMTS, 1 atenuador para el DCS y 2 atenuadores para el GSM.

6.2.1.2. Módulo RCM

El modulo RCM es una etapa de combinación. Esta dispone de 24 entradas y 6 salidas RF.

En este caso se utilizaran 21 de las 24 entradas disponibles donde se conectara la señal RF proveniente de los módulos VAM. La señal que se obtiene en las 6 salidas de las que dispone el modulo RCM se corresponde a la señal resultante de la combinación entre operadores y tecnologías. Para cada uno de los sectores, el modulo RCM proporciona dos salidas de señal RF combinada las cuales se conectarán al modulo de conversión óptica mediante latiguillos de cable coaxial.

Es necesario tener controlada la potencia que se inserta a las entradas del modulo RCM ya que este equipo no soporta potencias mayores a 40dBm.

6.2.1.3. Módulo OCM

El modulo OCM es el modulo conversor de señal RF a señal óptica y es el modulo encargado del control de las unidades remotas. El modulo de conversión óptica que se utiliza dispone de 24 salidas ópticas distribuidas en tres sectores.

El modulo OCM se conecta con el modulo RCM a través de las 6 entradas de las que dispone. La potencia máxima que se puede aplicar a estas entradas es de 36dBm por lo que, a la hora de conectar la señal RF se debe ser consciente de la potencia que llega desde el RCM o desde otro equipo si no se utiliza la unidad de combinación RF de Powerwave.

Las 24 salidas de señal óptica están preparadas para funcionar sobre fibras monomodo en segunda y tercera ventana correspondiente a las longitudes de onda de 1310nm y 1550nm respectivamente.

Estos equipos utilizan la segunda ventana para el enlace UpLink (longitud de onda de 1310nm) y la tercera ventana para el enlace DownLink (longitud de onda de 1550nm). La transmisión de la señal óptica entre los equipos de fibra óptica se realiza mediante la multiplexación por división de onda (WDM).

6.2.2. Repetidores.

Los equipos repetidores que se utilizan también son del fabricante Powerwave. Para el diseño se utilizan dos equipos repetidores para cada una de las estaciones, uno para la tecnología GSM y el otro para DCS/UMTS.

Los equipos repetidores que se utilizan son de la familia AR1717 y RHAR627010. Los primeros, AR1717, son repetidores para la banda de GSM y los segundos, RHAR627010, son repetidores duales DCS/UMTS.

Tanto el repetidor GSM como el repetidor DCS/UMTS disponen de dos conexiones de transmisión y recepción de fibra óptica, y un módulo ADD/DROP. La señal recibida por uno de las conexiones ópticas, pasa por el módulo ADD/DROP que realiza los procesados de extracción y inserción de información en la señal óptica y se retransmite a la segunda conexión óptica.

Más concretamente, el módulo ADD/DROP se encarga de extraer, de la señal recibida en segunda ventana (1310nm) por el primer conector, la información que necesita el repetidor para que esta sea convertida a señal de radiofrecuencia y transmitida a las antenas. La misma señal óptica que se ha recibido por el primer conector se retransmite por el segundo conector en segunda ventana (1310nm). La señal que se recibe en tercera ventana (1550nm) por el segundo conector, también pasa por el módulo ADD/DROP. En este caso, este módulo se encarga de insertar la señal que proviene de las antenas en la señal óptica que se ha recibido por el segundo conector y transmitir la señal óptica resultante en tercera ventana (1550nm) por el primer conector.

De este modo los repetidores que se encuentran en una misma sala los podemos interconectar entre ellos y no es necesario la utilización dos fibras distintas, una para el GSM y otra para el DCS/UMTS.

El repetidor AR1717 dispone de dos conectores RF. Uno de los conectores es para la salida RX y el otro es para la entrada RX/TX. Este segundo conector es el que se utiliza, RX/TX, ya que el equipo se puede configurar para sistemas que solo utilizan un único cable RF.

El repetidor RHAR627010 dispone de cuatro conectores de RF, dos para la señal radio DCS y dos para la señal radio UMTS con la misma configuración que en el repetidor AR1717.

En este caso el sistema de antenas que se utiliza es de un único cable para RX/TX con polaridad vertical por lo que los equipos repetidores se configurarán para que funcionen de este modo.

6.2.3. Conexión de los equipos de F.O.

Para el diseño de la infraestructura disponemos solo de 8 fibras ya que son las que Metro pone a disposición de los operadores. Esto impide conectar cada una de las unidades remotas a la unidad master ya que para poder realizar este tipo de configuración necesitaríamos disponer de 10 fibras, 7 para las estaciones existentes y 3 para las estaciones que se encuentran en fase de construcción. Por esta razón las unidades remotas de cada uno de los sectores se conectarán en serie siendo conscientes de los riesgos que este esquema puede aportar. Cualquier caída de luz en una de las estaciones o mal funcionamiento de uno de los repetidores podría provocar que más de una estación perteneciente al mismo sector se quedara sin cobertura de telefonía móvil. Tanto el equipo Master como los repetidores de Powerwave son capaces de gestionar esta tipología de conexión gracias a los módulos ADD/DROP de los que disponen.

Con esta tipología de conexión sólo son necesarias tres fibras de las que disponemos, una para cada uno de los sectores.

Hay que tener en cuenta que las estaciones de metro a las que se da cobertura con el sector uno no se encuentran de forma consecutiva desde la estación donde se ubica la master, sino que esta se encuentra en una estación situada entre estaciones del sector uno. Esto hace necesario que la señal óptica del sector uno sea dividida para distribuirla en ambas direcciones. El equipo master es capaz de realizar esta operación de división ya que dispone de 8 salidas ópticas para cada uno de los sectores.

Teniendo en cuenta esta primicia, finalmente necesitaremos disponer de cuatro fibras para el diseño. Las cuatro fibras sobrantes se utilizarán para duplicar el esquema de conexión de las fibras como previsión de un posible fallo.

También se tendrá que configurar el equipo master para que en el sector uno active dos salidas ópticas de las que dispone. Para los sectores dos y tres se configura para que se utilice una salida para cada uno de ellos.

De este modo la configuración del sistema quedará de forma que para el sector dos y tres, los equipos repetidores se encontrarán conectados totalmente en serie. Para el sector uno los equipos repetidores de las dos estaciones anteriores a la estación donde se encuentra la sala de equipos de los operadores quedarán conectadas en serie y el equipo de la estación posterior quedará conectado directamente a la master.

En la Fig. 6.2 se puede observar un esquema de cómo quedará la distribución de las conexiones.

6.3. Esquema general de fibras.

En la Fig. 6.2 se puede ver el esquema del conexión de las fibras en cada una de las estaciones.

En el repartidor de fibras de Metro se realizan 16 fusiones (conexión de fibras) por estación, a excepción de las estaciones que se encuentran en cada uno de los extremos del tramo de la línea de metro, donde se realizan 8 fusiones. Las 16 fusiones se corresponden a las 8 fibras que cede metro por cada tramo de túnel y que confluyen en el repartidor de la sala de comunicaciones.

En el repartidor o caja de fusiones de las salas de equipos de los operadores, se realizan las fusiones necesarias en cada caso según lo que se dispone en el esquema de conexión de fibras.

La conexión de fibra entre el repartidor de cada sala de equipos ópticos se realizará mediante latiguillos de fibra óptica con los conectores ya incorporados.

Antes de realizar las fusiones de las fibras será necesario realizar las medidas de reflectometría para comprobar su buen funcionamiento tanto en las fibras cedidas por metro como de las nuevas mangueras que se han instalado.

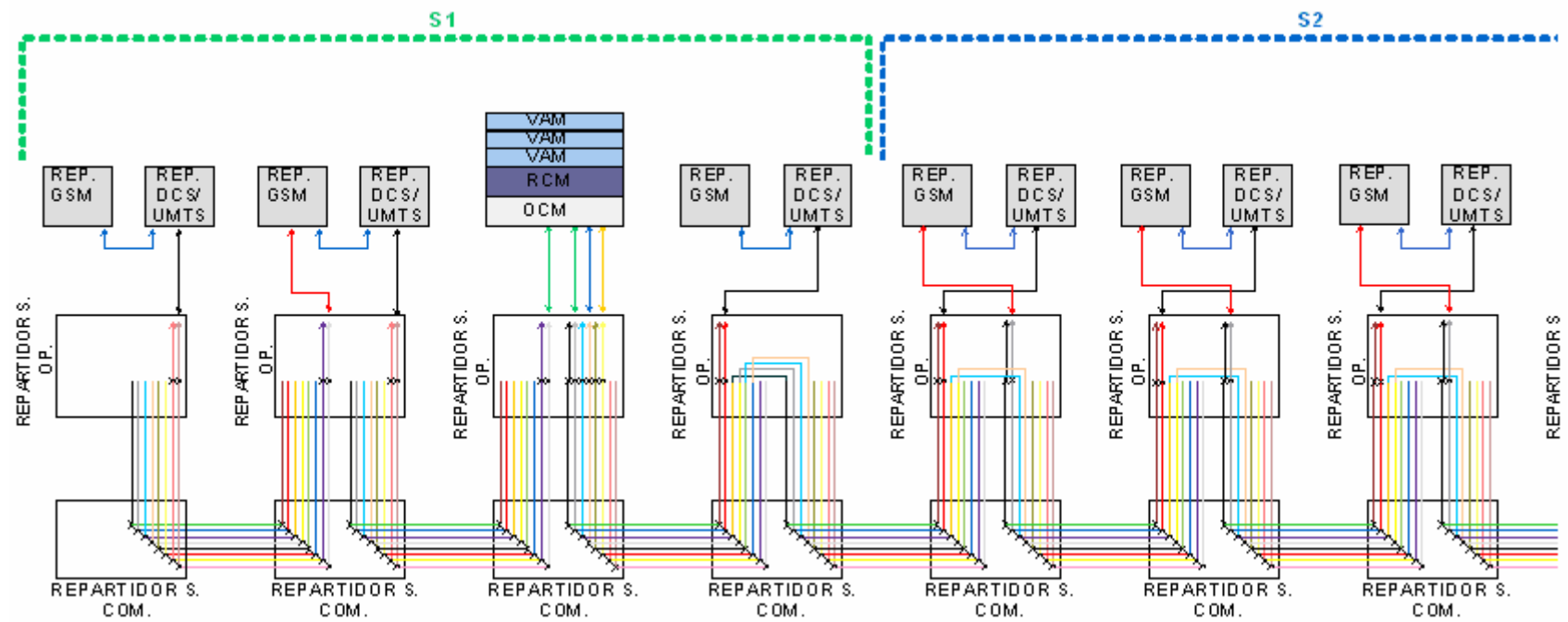


Fig. 6.2. Esquema general de conexionado de fibras ópticas

CONCLUSIONES E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Conclusiones

A lo largo del proyecto se han realizado diversos estudios para decidir cual es la mejor forma de dar cobertura de telefonía móvil dentro de las instalaciones de metro. Una vez vista la solución adoptada, se ha realizado el diseño de la infraestructura.

A continuación se explica las conclusiones más relevantes y el proceso para la puesta en servicio de toda la instalación.

Se han demostrado las ventajas de las antenas frente al cable radiante en estas instalaciones. Cuando se debe dar cobertura que operan a frecuencias mayores de los 400MHz en un lugar con las características de un túnel es más eficiente y económica la instalación de un sistema distribuido de antenas. Para el caso del cable radiante, el escenario ideal para su instalación sería en salas pequeñas, donde no haya que instalar muchos metros. Del mismo modo se ha visto que el nivel de pérdidas en el cable radiante es mayor a las pérdidas en antenas, en el caso de operar a frecuencias altas como las de los sistemas de telefonía móvil, por lo que la estación base debería operar a más potencia y no se cumpliría la legislación de emisiones radioeléctricas.

Como conclusión general se debe señalar, que este diseño está actualmente en funcionamiento, teniendo unos niveles de drop muy bajos, dentro de los límites de calidad de la operadora, y que los handovers se realizan con éxito tanto entre los sectores como con las estaciones vecinas, ya sean macro celdas situadas en la calle como con el resto de diseños especiales existentes en trasbordos y túneles de cambio de estación base.

Cabe decir, que aunque esté funcionando, las tres estaciones de nueva construcción aún se encuentran en fase de construcción, por lo que el sector 3 de este diseño aún no está instalado ni en funcionamiento.

Para que el diseño se integre en la red de cada operador, una vez instaladas todas las infraestructuras, se deben realizar una serie de medidas para certificar las instalaciones y cerciorarse que todo está dentro de los límites establecidos por los operadores. Esta serie de medidas son:

- Medidas de reflectometría: Estas se realizan para caracterizar las fibras ópticas utilizadas y para comprobar que las fusiones están bien realizadas.
- Medidas de ROE: Comprueba que los cables y conectores están bien conectados y bien adaptados, de forma que no existe onda reflejada.
- Medidas radioeléctricas: Sirven para certificar la estación ante el Ministerio de Industria. Se realizan medidas de la señal existente cerca de las antenas y se extrapola a la señal futura que habrá una vez el sistema esté en funcionamiento, de esta forma se certifica que esta

nueva estación está cumpliendo los márgenes indicados en el RD1066/2001 y en el D148/2001.

- Drive Test: Sirve para certificar los niveles de cobertura. Se realizan medidas de cobertura continuas a lo largo de un recorrido para detectar posibles puntos de baja o nula cobertura y para verificar la correcta realización de los handovers.

En el caso de las medidas radioeléctricas y el Drive Test, estas se realizan como parte de una auditoria externa y no se dispone de los datos. Aun y así, y según información facilitada por el operador para el que NIPSA realiza los trabajos de ingeniería y control de la ejecución de obra, no sólo se obtienen unos buenos niveles de cobertura, sino que estos niveles prácticamente se ajustan a los valores previstos en el diseño.

Por todo esto, se puede decir que se ha llegado a los objetivos reales de este proyecto, ya que la estación está instalada y en funcionamiento sin deficiencias de cobertura.

Aun y así, todavía no se puede dar por terminado el liderato del operador para el cual trabaja NIPSA en esta fase de implantación ya que aun falta el diseño y la instalación de las infraestructuras en las tres nuevas estaciones que aun no se encuentran en fase de construcción. El diseño de las tres nuevas estaciones se podrá definir hasta que la construcción de estas haya terminado. De todos modos, en el diseño que se ha presentado se ha tenido en cuenta la cobertura de estas estaciones, dejando como previsión el tercer sector de los equipos radio.

Impacto Medioambiental

-
En este tipo de instalaciones se pueden observar los siguientes impactos medioambientales:

Impacto Visual

Se considera como impacto visual el impacto producido por los nuevos elementos instalados y que no están en concordancia con el aspecto del ambiente en el que se encuentran.

Para minimizar el impacto visual de las instalaciones se han adoptado las siguientes acciones correctoras:

- Reducción del impacto visual producido por las antenas. Para minimizar el impacto visual de estos elementos, las antenas se pintaran del color de la pared o techo donde se encuentran instaladas reduciendo de este modo al mínimo el impacto visual.
- Reducción del impacto visual producido por los elementos pasivos y cableados instalados en pasillos, andenes, etc. Para minimizar el

impacto visual de estos elementos, estos siempre se instalarán en el interior de los falsos techos siempre que estos existan. En los lugares donde no haya falsos techos, los elementos pasivos se instalarán en el interior de cajas estancas pintadas del mismo color del techo o pared según donde se encuentren instaladas. Los cableados que se encuentren en zonas vistas se instalarán por tubo coarrugado o canaleta pintada del mismo color de las paredes o techos.

- Reducción del impacto visual producido por las nuevas salas de telefonía móvil. Para las salas construidas en dependencias de metro no accesibles al público no será necesario realizar ninguna acción correctiva. Para las salas construidas en espacios públicos, estos deberán construirse con los mismos acabados exteriores que el entorno donde se ubican.
- Impacto visual de las instalaciones en interior de túnel. Las instalaciones en interior de túnel no producen ningún tipo de impacto visual ya que los usuarios viajan en el interior de los trenes y las instalaciones no se ven. De hecho, metro, obliga a que estas instalaciones sean de fácil localización por medidas de seguridad. Por estas razones no se adoptan medidas correctivas en estas zonas.

Con esta medida se consigue en la gran mayoría de los casos que todos estos elementos pasen totalmente desapercibidas e incluso en algunos casos sea difícil ubicarlas.

Impacto acústico

Se considera como impacto acústico a aquellos elementos que puedan producir ruidos y vibraciones molestas.

Para minimizar el impacto acústico de las instalaciones se han adoptado las siguientes acciones correctoras:

- Ruidos y vibraciones producidos por los equipos de refrigeración. Para que los posibles ruidos y vibraciones de los equipos exteriores de aire acondicionado no causen molestias a los usuarios estos se instalaran en el interior de las dependencias privadas de metro. Aún y así, para reducir las vibraciones de estos equipos se instalarán con calzos de goma tipo ventosa (Silent-Block).
- Ruidos y vibraciones producidas por los equipos radio. Los equipos radio son equipos electrónicos muy delicados y no producen ningún tipo de vibración. Aun y así, estos equipos se encuentran en el interior de las salas que son construidas con materiales que impiden la propagación al exterior de posibles ruidos producido por alguno de los equipos.

Emisiones de sustancias que agoten la capa de ozono

Los equipos de aire acondicionado utilizados deberán ser del modelo UTOPIA G7 de Hitachi ya que estos equipos se han diseñado teniendo en cuenta la protección medioambiental y la eficiencia energética.

Emisiones electromagnéticas

Para evaluar el impacto radioeléctrico de una nueva estación dentro de cualquier entorno, es necesario realizar un estudio radioeléctrico de la estación para certificarla ante el ministerio y la Generalitat, y poder legalizar dicha estación para ponerla en funcionamiento. Se han realizado los estudios pertinentes y se ha observado que estamos muy por debajo del nivel máximo de emisión impuesto por el organismo más restrictivo, que en este caso es la Generalitat de Catalunya.

Generación de residuos

La instalación en si no genera residuos en su actividad operativa. Los residuos generados provienen del mantenimiento, en el caso que se deba cambiar algún elemento por mal funcionamiento, el cual será enviado a un centro de gestión de residuos. La responsabilidad del cumplimiento de estas acciones recae sobre los operadores y las empresas de mantenimiento que tengan contratadas.

Para la fase de construcción de las infraestructuras, las empresas contratadas para su ejecución están obligadas por contrato a realizar las acciones de acopio y selección de residuos en origen y entregarlos a los puntos de reciclaje pertinentes dispuestos por las administraciones. Para velar por el cumplimiento de esta obligación, los contratistas esta obligados a entregar los albaranes de entrega de los residuos generados por las obras e instalaciones a los puntos de reciclaje. También se realizan inspecciones en obra para verificar el cumplimiento de estas acciones.

DEFINICIONES

AuC: El Centro de Autenticación (AUC), parte del Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMS) de la red GSM consta de una Base de Datos de Información de identificación y autenticación de abonados.

BSC: El BSC administra los recursos de radio de una o más BTS. Entre sus funciones se incluyen el handover, el establecimiento de los canales de radio utilizados y cambios de frecuencias. Finalmente, establece la ligación entre el móvil y el Mobile Service Switching Center (MSC), el corazón del sistema GSM.

BTS: Las BTS albergan el equipo de transmisión / recepción (los TRX o transceivers) y gestionan los protocolos de radio con el terminal móvil. En áreas urbanas existen más BTS que en zonas rurales y en algunos casos con características físicas o geográficas particulares (como por ejemplo, túneles) son colocados retransmisores para garantizar el servicio. Cada estación utiliza técnicas digitales para permitir que varios usuarios se ligan a la red, así como para permitir que hagan y reciban llamadas simultáneamente. Esta gestión se denomina de multiplexación.

C/I: Carrier to Interference. Relación señal a interferencia utilizada en UMTS para saber la calidad de señal en un cierto punto.

Drop: Número de llamadas finalizadas de forma inesperada en una hora.

EIR: Este posee una lista de IMEI de terminales que han sido declarados como robados o que no son compatibles con la red GSM. Si el teléfono móvil está en esa lista negra, el EIR no permite que se conecte a la red.

GMSC: Elemento de interconexión con otras redes, como GPRS, UMTS o RTC.

Handover: Sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

HLR: El Home Location Register, contiene toda la información administrativa sobre el cliente del servicio y la localización actual del terminal. Es a través del HLR que la red verifica si un móvil que se intenta ligar posee un contrato de servicio válido. Si la respuesta es afirmativa el MSC envía un mensaje de vuelta al terminal informándole que está autorizado a utilizar la red. El nombre de la operadora aparece entonces en pantalla, informando que se puede efectuar y recibir llamadas. Cuando el MSC recibe una llamada destinada a un móvil él va al HLR verificar la localización.

MIMETIZACION: integración de los elementos de la instalación con el entorno.

MSC: El MSC, como ya fue referido, es el centro de la red, a través del que es hecha la ligación entre una llamada realizada de un móvil hacia las otras redes fijas (las analógicas PSTN o digitales ISDN) o móviles. El nudo en el que se encuentra posee además una serie de equipos destinados a controlar varias funciones, como el cobro del servicio, la seguridad y el envío de mensajes SMS.

NODOB: En UMTS las estaciones base (BTS) tiene este nombre.

ROE: Relación de onda estacionaria. Es una energía que se aplica a una carga, por ejemplo una antena, pero que no es radiada al espacio. Para que la carga absorba toda la energía, señal, aportada por el emisor es necesario que todo el sistema esté adaptado debidamente.

SAI: Sistema de alimentación ininterrumpida. Equipo de apoyo basado en un sistema de baterías que actúa cuando existe un corte de alimentación de la red pública. El SAI permite que los equipos puedan funcionar durante un tiempo limitado, dependiendo del número de baterías y su capacidad.

SNR: Signal to Noise Rate. Relación señal a ruido utilizada en GSM/DCS para saber la calidad de la señal en un cierto punto.

UNIDAD U: Para regular las dimensiones en altura de los racks, la Norma EIA dispone el uso de la unidad de medida denominada como "unidad de rack (U)" cuya dimensión equivalente al sistema métrico decimal es de 44.45 milímetros. La misma norma regula los anchos disponibles siendo estos de 19", 24" y 30".

UTRAN: Red de acceso radio terrestre en UMTS Terrestrial Radio Access Network. Es el nombre de la nueva red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS.

VLR: El Visitor Location Register, es utilizado para controlar el tipo de conexiones que un terminal puede hacer. Por ejemplo, si un utilizador posee restricciones en las llamadas internacionales el VLR impide que estas sean hechas, bloqueándolas y enviando un mensaje de vuelta al teléfono móvil informando el utilizador.

BIBLIOGRAFIA

-
-
[1] Sallent Roig, O., Valenzuela González, J.L. y Agustí Comes, R. , “Principios de Comunicaciones Móviles”, Edicions UPC , Barcelona, septiembre de 2003.

[2] Lluch Mesquida, C., Hernando Rábanos, J.M.,” Comunicaciones Móviles de tercera generación UMTS – Tomo I y II”, Telefónica de España S.A., Madrid, año 2000.

[3] Gorricho Moreno, M. y Gorricho Moreno, J.L., “Comunicaciones móviles”, Edicions UPC , Barcelona, febrero de 2002.

[4] Ayuso, R., Ceña, B., Fernández, M., Milla, B. y Torre, M.S., “Comunicaciones móviles GSM”, Fundación Airtel, Madrid, año 1999.

[5] Agustí Comes, R., Álvarez-Campana Fernández-Corredor, M. y Sallent Roig, O. , “Elementos de Arquitectura y gestión de recursos radio en UMTS”, Fundación Vodafone, Madrid, año 2004.

[6] Bará Temes, J., “Ondas electromagnéticas en comunicaciones”, Edicions UPC, Barcelona, febrero de 2001.

Cables coaxiales, cables radiantes y conectores.

[7] www.andrew.com

[8] www.ornets.com

Antenas y pasivos.

[9] www.kathrein.de/en/mcs/index.htm

Repetidores ópticos.

[10] www.powerwave.com/repeaters.asp

[11] www.powerwave.com/outdoor.asp

[12] (Cobertura a en interiores) Curso de Comunicaciones móviles
<http://jpadilla.docentes.upbbqa.edu.co/moviles/cursomoviles.htm>

[13] TESIS “Análisis Teórico-Experimental del Canal Radio en Microceldas y Entornos Especiales para Sistemas de Comunicaciones Móviles de Banda Ancha” Autor: Molina García-Pardo, José María
<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/847/1/mmmgp.pdf>

[14] Propagación electromagnética en el interior de túneles en las bandas de 900 y 1800 MHz.
http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos_modernos/articulos_villaviciosaodon_2001/articulos/245.pdf

[15] Repetidores de radio sobre fibra óptica para comunicaciones móviles celulares.

<http://www.colegiosma.com/DEP-ELE/stlf/Sistemas%20de%20Telefon%C3%ADa/Art%C3%ADculos/Repetidores%20de%20radio%20sobre%20fibra%20%C3%B3ptica%20para%20comunicaciones%20.pdf>

[16] SOLUCIONES INDOOR PARA SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

http://fain.uade.edu.ar/SOLUCIONES_INDOOR.ppt

[17] TESIS: “DISEÑO DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS CELULARES PARA EL TUNEL DEL CERRO EL CARMEN DE GUAYAQUIL UTILIZANDO CABLE SCTP CAT 5/6 PARA LA BANDA GSM 850 MHZ” Autor: Giovanni Gabriel Campodónico Durango

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6566>

[18] TEORÍA DE FIBRA OPTICA

http://www.emagister.com/public/pdf/comunidad_emagister/59901010050557525148536957524549-TEORIA%20DE%20FIBRA%20OPTICA.pdf

ANEXOS

ANEXO A. CALCULO COMPARATIVO DE POTENCIAS Y ATENUACION

A.1. Características del cable radiante

El cable radiante es un sistema de cable coaxial con ranuras de abertura periódicamente espaciadas que actúa como sistema radiante (Fig. A.1). El cable radiante está formado por un hilo conductor central recubierto por un dieléctrico de polietileno sólido. En el exterior lleva una capa de cobre con aberturas longitudinales que permiten la salida de las ondas radioeléctricas. Finalmente este conjunto dispone de una cubierta de protección exterior de polietileno.

El diagrama de radiación de este tipo de cable lo podemos ver en la Fig. A.1. El lóbulo principal se orienta según la dirección de la onda que viaja en el cable.

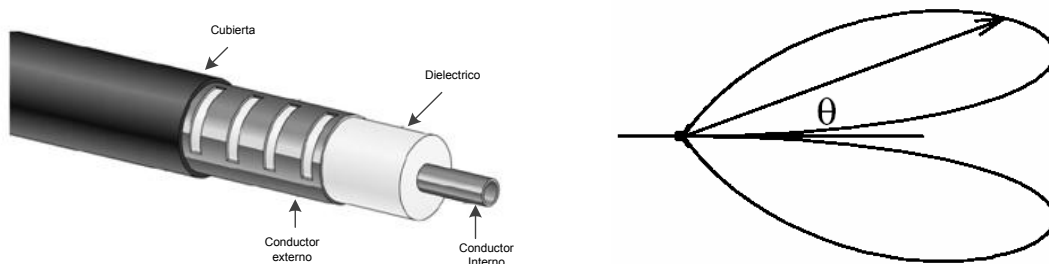


Fig. A.1. Cable radiante

Como aspectos iniciales a tener en cuenta y simplemente dando un vistazo a las características de algún fabricante de cable radiante, podemos observar que este tipo de cableado tiene una atenuación de la señal muy elevada. En un cable coaxial convencional de una medida de 1-1/4" a una frecuencia de 1800Mhz, tenemos una atenuación de 4,16 dB's por cada 100m de cable (41,6 dB's cada 1Km), frente a una atenuación de 54 dB's por cada Km. de cable radiante tal y como se puede observar en la tabla A.1 para un cable radiante bajo las mismas condiciones.

Para mejorar la atenuación se puede utilizar un cable de diámetro mayor de forma que ésta se ve reducida. A la hora de decidir utilizar un cable de mayor diámetro, hay que tener en cuenta el incremento de la dificultad de la instalación. El manejo de un cable semirrígido de gran dimensión y de una longitud de 750m grapeado a una altura aproximadamente de entre unos 4m o 5m no es nada simple. Otra característica importante de este tipo de cable es su elevado coste, por lo que las operadoras se reservan su instalación para casos concretos.

Tabla A.1: Atenuaciones de los cables coaxiales

F (Mhz)	7/8"		1-1/4"		1-5/8"	
	Coupling Loss (dB)	Attenuation dB/1km	Coupling Loss (dB)	Attenuation dB/1km	Coupling Loss (dB)	Attenuation dB/1km
900	70	40	64	34	67	26
1800	68	57	67	54	61	48
2100	69	60	69	58	65	52

A.2. Utilizando un cable radiante con amplificadora intermedios.

Aunque, como ya se ha comentado con anterioridad, esta no es una solución que podamos adoptar en nuestro caso debido a la prohibición de la utilización de elementos activos en el interior de túnel, se le dedica una pequeña evaluación ya que representa una buena solución para dar cobertura en el interior de túnel.

Una posible solución a adoptar para mejorar la uniformidad de la cobertura sería la colocación de amplificadores bidireccionales de señal a lo largo de cable radiante.

Esta es una opción que no se puede tener en cuenta en este caso dada la primicia que en el interior del túnel de metro se tiene totalmente prohibido la colocación de elementos activos. Aún y así se puede realizar una pequeña valoración de los inconvenientes que presentaría esta solución.

Uno de los principales problemas es en distancias muy largas, ya que la colocación de amplificadores en cascada puede provocar un aumento notable en la interferencia entre símbolos (ISI) debido a los retardos producidos en la señal.

La alimentación de los amplificadores representa que se debe realizar una nueva tirada de cable por el interior del túnel. En el caso de utilizar amplificadores de corriente continua significa una sección de cable de unos 25mm por cada polo para poder asegurar una caída máxima de tensión del 5%. Esto supone añadir un alto coste a más a más de la dificultad de manejo de este tipo de cableados. Otra posibilidad es alimentar los amplificadores bidireccionales mediante corriente alterna. Esto significaría reducir en gran parte el coste de cableado pero hace necesario introducir una fuente de alimentación de alterna a continua para cada uno de los amplificadores. Esto significa añadir elementos activos en interior de túnel y, como ya hemos comentado con anterioridad, esta prohibido la colocación de este tipo de elementos.

A.3. Características de antena

Las antenas log-periódica se caracterizan por tener un gran ancho de banda. Un ejemplo de log-periódica es la antena SLP-1.7:2.5-11. En este caso, el rango de frecuencias es de 1700 a 2500 MHz. Por lo tanto, esto supone un ancho de banda del 38%. Esta antena en concreto se utiliza para diferentes servicios, como por ejemplo; GSM, DCS, DECT, UMTS y WLAN, que operan en distintas bandas de frecuencia.

Al ser el ancho de banda (como acabamos de ver en el ejemplo anterior) tan amplio, con respecto a otras antenas de dipolo, se considera a las antenas log-periódica antenas de banda ancha.



Fig. A.2. Antena log-periódica Broadband

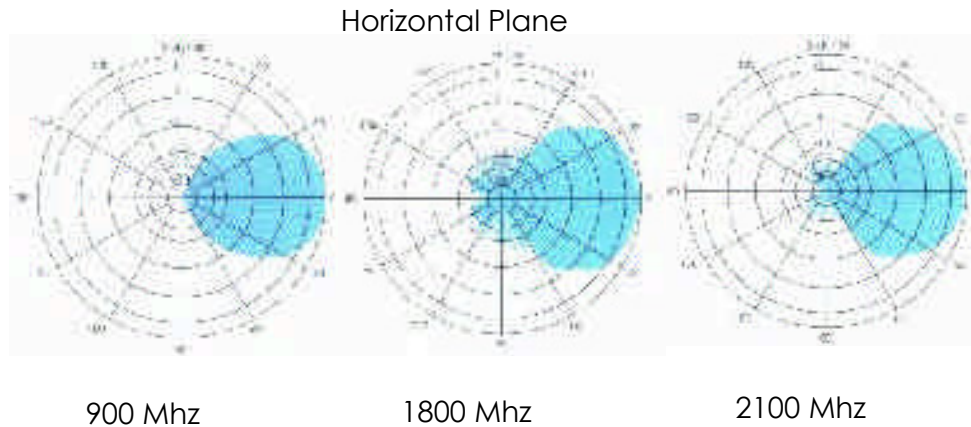


Fig. A.3. Diagrama de radiación

Tabla A.2: Características de la antena para las diferentes tecnologías

F (Mhz)	Ganancia (dB)	Acoplamiento (dB)	Horizontal Beamwidths (-3 dB)	Vertical Beamwidths (-3 dB)
900	14	59	51°	41°
1800	16	65	51°	41°
2100	16	66	51°	41°

A.4. Cálculo para un solo cable radiante.

Para realizar los cálculos de niveles de cobertura en el interior del túnel mediante cable radiante se utilizan los parámetros que nos facilita el fabricante. Los cálculos realizados se hacen para una frecuencia de 2100Mhz correspondiente a la banda en que opera UMTS. En todos los casos se utiliza esta banda de frecuencia para luego poder comparar los diferentes resultados.

Para realizar los cálculos de cobertura se utiliza la siguiente expresión:

$$P_r = P_{In} - (d \cdot L_{Att}) - L_{Coup.} - L_{fc} \quad (\text{A.1})$$

Donde:

- $L_{Att.}$ Lo proporciona el fabricante. Son las pérdidas de atenuación longitudinal por propagación en el cable radiante. Normalmente se da en dB/100m pero también se puede encontrar este dato en dB/1Km.
- $L_{Coup.}$ Lo proporciona el fabricante. Son las pérdidas de acoplamiento (Coupling Loss). Estas hacen referencia a las pérdidas que se producen entre el cable radiante y la antena del terminal receptor tomadas a 2m de distancia del cable radiante. El fabricante da un valor de pérdidas de acoplamiento para el 95% de los casos. Esto viene dado por el comportamiento estadístico del nivel de campo. El fabricante proporciona este valor asegurando que en el 95% de las medidas de campo realizadas, el valor de las pérdidas de acoplamiento son igual o

inferior al valor que indican. Este valor se da en dB.

- L_{fc} Son las pérdidas a añadir como factor de corrección en el caso de que la distancia entre el cable radiante y el punto donde se quiere calcular el nivel de señal sea mayor a los 2m. Esta corrección se hace proporcional al cuadrado del incremento de la distancia y manteniendo la distancia de referencia de 2m.
- d Es la distancia de cable radiante desde el punto de inyección de la señal hasta el punto donde se quiere tomar la medida.
- P_{in} Es el nivel de potencia que se inyecta en el cable radiante.
- P_t Es el nivel de potencia que llega a la antena del terminal móvil.

Tal y como se ha comentado anteriormente, también se deben añadir las pérdidas por alta densidad de personas ($P_{Body} = 12dB$) y las pérdidas del material del vagón ($P_{Wagon} = 10dB$). De esta forma la expresión A.2 queda:

$$P_t = P_{in} - (d \cdot L_{Att}) - L_{Coup.} - L_{fc} - L_{Body} - L_{Wagon}. \quad (A.2)$$

Para realizar la comparativa se fijará el parámetro P_t (potencia que llega al terminal de usuario) para asegurar que hasta en el peor caso se de una cobertura óptima. Esta potencia se fija en -85dBm, por lo que antes de todo se deberá calcular la potencia mínima de transmisión P_{in} para asegurar la potencia de recepción. Este planteamiento permitirá poder observar la distribución de los niveles de cobertura a lo largo del túnel.

Suponiendo una medida a 2 metros de distancia, con lo que el factor de corrección de las pérdidas de acoplamiento es 0dB, se obtiene:

$$P_{in} = P_t + (d \cdot L_{Att}) + L_{Coup.} + L_{fc} + L_{Body} + L_{Wagon} \quad (A.3)$$

$$P_{in} = -85 \text{ dBm} + (0.750 \text{ Km} \cdot 52 \text{ dB/Km}) + 65 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 12 \text{ dB} + 10 \text{ dB} \quad (A.4)$$

$$P_{in} = 41 \text{ dBm} \quad (A.5)$$

La potencia que se necesita inyectar al cable radiante para cumplir los -85dBm mínimos de potencia en la antena del terminal es de 41 dBm.

A partir de este valor ya se puede calcular la distribución de la señal a lo largo del túnel. En La tabla A.1 podemos ver los resultados.

Tabla A.3: Distribución de la señal con un solo cable radiante

Distancia (m)	Perdidas cable (dB)	Coupling Loss (dB)	Perdidas propagación (dB)	Total pérdidas (dB)	Potencia en el receptor (dBm)
5	0,26	65,00	22,00	87,26	-46,26
25	1,30	65,00	22,00	88,30	-47,30
50	2,60	65,00	22,00	89,60	-48,60
100	5,20	65,00	22,00	92,20	-51,20
150	7,80	65,00	22,00	94,80	-53,80
200	10,40	65,00	22,00	97,40	-56,40
250	13,00	65,00	22,00	100,00	-59,00
300	15,60	65,00	22,00	102,60	-61,60
350	18,20	65,00	22,00	105,20	-64,20
400	20,80	65,00	22,00	107,80	-66,80
450	23,40	65,00	22,00	110,40	-69,40
500	26,00	65,00	22,00	113,00	-72,00
550	28,60	65,00	22,00	115,60	-74,60
600	31,20	65,00	22,00	118,20	-77,20
650	33,80	65,00	22,00	120,80	-79,80
675	36,40	65,00	22,00	123,40	-82,40
725	37,70	65,00	22,00	124,70	-83,70
750	39,00	65,00	22,00	126,00	-85,00

A.5. Cálculo para dos cables radiantes

Para el cálculo de la distribución de cobertura en este caso se utiliza la misma expresión que en el caso anterior (exp. A.2) y bajo la misma condiciones. En este caso la longitud del cable al punto de medida donde la atenuación será mayor es de 375m.

$$P_{In} = P_c + (d \cdot L_{Att}) + L_{Coup.} + L_{fc} + L_{Body} + L_{Wagon} \quad (A.6)$$

$$P_{In} = -85 \text{ dBm} + (0.375 \text{ Km} \cdot 52 \text{ dB/Km}) + 65 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 12 \text{ dB} + 10 \text{ dB} \quad (A.7)$$

$$P_{In} = 21,50 \text{ dBm} \quad (A.8)$$

A partir de este valor ya podemos calcular la distribución de la señal a lo largo del túnel. En La tabla A.2 podemos ver los resultados.

Tabla A.4: Distribución de la señal con dos cables radiantes

Distancia (m)	Perdidas cable (Db)	Coupling Loss (Db)	Perdidas propagación (Db)	Total pérdidas (Db)	Potencia en el receptor (dBm)
5	0,26	65,00	22,00	87,26	-65,76
25	1,30	65,00	22,00	88,30	-66,80
50	2,60	65,00	22,00	89,60	-68,10
100	5,20	65,00	22,00	92,20	-70,70
150	7,80	65,00	22,00	94,80	-73,30
200	10,40	65,00	22,00	97,40	-75,90
250	13,00	65,00	22,00	100,00	-78,50
300	15,60	65,00	22,00	102,60	-81,10
350	18,20	65,00	22,00	105,20	-83,70
375	19,50	65,00	22,00	106,50	-85,00
375	19,50	65,00	22,00	106,50	-85,00
350	18,20	65,00	22,00	105,20	-83,70
300	15,60	65,00	22,00	102,60	-81,10
250	13,00	65,00	22,00	100,00	-78,50
200	10,40	65,00	22,00	97,40	-75,90
150	7,80	65,00	22,00	94,80	-73,30
100	5,20	65,00	22,00	92,20	-70,70
50	2,60	65,00	22,00	89,60	-68,10
25	1,30	65,00	22,00	88,30	-66,80
5	0,26	65,00	22,00	87,26	-65,76

A.6. Cálculo para una sola antena

Para realizar los cálculos de niveles de cobertura en el interior del túnel mediante antenas se utilizan los parámetros que nos facilitan el fabricante y un modelo de propagación en espacio libre (Exp. A.1). Los cálculos realizados se hacen para una frecuencia de 2100Mhz correspondiente a la banda que opera UMTS. Como se ha comentado anteriormente en todos los casos utilizaremos esta banda de frecuencia para luego poder compararlos.

Para realizar los cálculos de cobertura con antenas se utilizará la siguiente expresión:

$$P_t = P_{in} + G_{ARx} + G_{ATx} - L_{prop} \quad (\text{A.9})$$

Donde:

- L_{prop} , son las pérdidas de propagación en dB.
- G_{Atx} , es la ganancia de la antena transmisora. La facilita el fabricante y se expresa en Db.
- G_{Arx} , es la ganancia de la antena receptora. En nuestro caso se supondrá que esta ganancia es de 0 Db.
- P_{in} , es el nivel de potencia que se inyecta a la antena.
- P_t , es el nivel de potencia que llega a la antena del terminal móvil.

La expresión para el cálculo de la propagación en espacio libre es:

$$L_{prop} = 32,5 + 20 \cdot \log f \text{ (Mhz)} + 20 \cdot \log d \text{ (Km)} \quad (\text{A.10})$$

Donde:

- f es la frecuencia de trabajo dada en Mhz.
- d Es la distancia desde la antena hasta el punto donde se quiere tomar la medida dado en Km.
- $20 \cdot \log f \text{ (Mhz)}$ se corresponden a las pérdidas de acoplamiento en Db.

De esta forma y suponiendo una ganancia de la antena receptora de 0 Db, la expresión queda:

$$P_t = P_{In} + G_{ATx} - 32,5 - 20 \cdot \log f \text{ (Mhz)} - 20 \cdot \log d \text{ (Km)} \quad (\text{A.11})$$

Tal y como se ha comentado anteriormente, también se debe añadir las perdidas por alta densidad de personas ($P_{Body} = 12dB$) y las perdidas del material del vagón ($P_{Wagon} = 10dB$). De esta forma la expresión final que queda es:

$$P_t = P_{In} + G_{ATx} - 32,5 - 20 \cdot \log f \text{ (Mhz)} - 20 \cdot \log d \text{ (Km)} - L_{Body} - L_{Wagon} \quad (\text{A.12})$$

Para proceder de la misma forma que en el caso del cable radiante y teniendo en cuenta que de momento no se sabe la potencia que se tiene disponible para suministrar a la antena, se realiza el cálculo partiendo de que en el punto más lejano se debe asegurar un nivel mínimo en antena del terminal de -85 dBm. Este planteamiento ya permitirá poder observar la distribución de los niveles de cobertura a lo largo del túnel.

Tenemos:

$$P_{In} = P_t - G_{ATx} + 32,5 + 20 \cdot \log f \text{ (Mhz)} + 20 \cdot \log d \text{ (Km)} + L_{Body} + L_{Wagon} \quad (\text{A.13})$$

$$P_{In} = -85dBm - 14dB + 32,5 + 20 \cdot \log 2100 \text{ Mhz} + 20 \cdot \log 0,750 \text{ Km} + 12 \text{ dB} + 10 \text{ dB} \quad (\text{A.14})$$

$$P_{In} = 17 \text{ dBm} \quad (\text{A.15})$$

La potencia que se necesita inyectar a la antena para cumplir los -85dBm mínimos de potencia en la antena del terminal es de 17 dBm.

A partir de este valor ya se puede calcular la distribución de la señal a lo largo del túnel. En la tabla A.3 se pueden ver los resultados obtenidos.

Tabla A.5: Distribución de la señal con una sola antena

distancia (m)	Ganancia (dB)	Coupling Loos (dB)	Perdidas propagación (dB)	Total perdidas (dB)	Potencia en el receptor (dBm)
5	16	66	8,48	58,48	-41,48
25	16	66	22,46	72,46	-55,46
50	16	66	28,48	78,48	-61,48
100	16	66	34,50	84,50	-67,50
150	16	66	38,02	88,02	-71,02
200	16	66	40,52	90,52	-73,52
250	16	66	42,46	92,46	-75,46
300	16	66	44,04	94,04	-77,04
350	16	66	45,38	95,38	-78,38
400	16	66	46,54	96,54	-79,54
450	16	66	47,56	97,56	-80,56
500	16	66	48,48	98,48	-81,48
550	16	66	49,31	99,31	-82,31
600	16	66	50,06	100,06	-83,06
650	16	66	50,76	100,76	-83,76
700	16	66	51,40	101,40	-84,40
750	16	66	28,49	102,00	-85,00

A.7. Cálculo de dos antenas

Si procedemos de la misma forma que en el caso anterior, se obtiene que la potencia que se necesita inyectar a cada una de las antenas para garantizar el cumplimiento de los -85dBm mínimos de potencia en la antena del terminal móvil es de $10,98\text{ dBm}$.

A partir de este valor y se puede calcular la distribución de la señal a lo largo del túnel. En la tabla A.4 se pueden observar los resultados.

Tabla A.6: Distribución de la señal con dos antenas

distancia (m)	Ganancia (dB)	Coupling Loos (dB)	Perdidas propagación (dB)	Total perdidas (dB)	Potencia en el receptor (dBm)
5	16	66	8,48	58,48	-47,50
25	16	66	22,46	72,46	-61,48
50	16	66	28,48	78,48	-67,50
100	16	66	34,50	84,50	-73,52
150	16	66	38,02	88,02	-77,04
200	16	66	40,52	90,52	-79,54
250	16	66	42,46	92,46	-81,48
300	16	66	44,04	94,04	-83,06
350	16	66	45,38	95,38	-84,40
375	16	66	45,98	95,98	-85,00
375	16	66	45,98	95,98	-85,00
350	16	66	45,38	95,38	-84,40
300	16	66	44,04	94,04	-83,06
250	16	66	42,46	92,46	-81,48
200	16	66	40,52	90,52	-79,54
150	16	66	38,02	88,02	-77,04
100	16	66	34,50	84,50	-73,52
50	16	66	28,48	78,48	-67,50
25	16	66	22,46	72,46	-61,48
5	16	66	8,48	58,48	-47,50

ANEXO B. CARACTERISTICAS DE LOS CABLES Y CONECTORES RF



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

FSJ4RN-50B

Superflexible coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband 0.5-10200 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	No
Weight lb/ft (kg/m)	0.15 (0.22)
Tensile Strength lb (kg)	175.00 (79.00)
Flat Plate Crush Strength lb/in (kg/mm)	110.00 (2.00)
Minimum Bending Radius in (mm)	1.25 (32.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	2.00 (2.70)
Number of Bends minimum (typical)	20.00 (50.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	10.20
Velocity percentage	81.00
Peak Power Rating (kW)	15.60
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.82 (2.69)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	1.00 (3.28)
Cable Test Voltage (VDC)	2500.00
Jacket Spark volts (RMS)	4000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	25.20 (82.70)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Construction Materials

Dielectric Type	Foam Dielectric, Superflexible
Dielectric Material	Ployethylene Foam
Jacket Color	Gray
Jacket Description	Non-Halogenated, Fire Retardant
Jacket Material	Megolon
Outer Conductor Material	Corrugated Copper
Inner Conductor Material	Copper-Clad Aluminum Wire

Dimensions

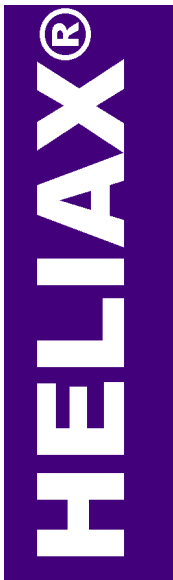
Diameter Over Jacket in (mm)	0.53 (13.50)
Outer Conductor Outside Diameter in (mm)	0.48 (12.20)
Outer Conductor Inside Diameter in (mm)	0.46 (11.70)
Inner Conductor Outside Diameter in (mm)	0.14 (3.60)

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

FSJ4RN-50B

Superflexible coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband 0.5-10200 MHz)

CHARACTERISTICS

General Specifications

Cable Grade	Flame Retardant
NEC Classification Type	CATVR
Nominal Size (inches)	1/2

Connectors

Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
44ASJ	HN Male	N/A	Solder	Standard
44ASP	UHF Male	N/A	Solder	Standard
44ASR	7/8 EIA Flange	N/A	Solder	Standard
44ASU	UHF Female	N/A	Solder	Standard
44SPCW	SC Male	N/A	Solder	Standard
F4PDF	7-16 DIN Female	N/A	Solder	Plated
F4PDF-BH	7-16 DIN Female	Bulkhead	Solder	Plated
F4PDF-BHC	7-16 DIN Female	Bulkhead	Captivated	Plated
F4PDF-C	7-16 DIN Female	N/A	Captivated	Plated
F4PDF-PM	7-16 DIN Female	Panel Mount	Solder	Plated
F4PDF-PMC	7-16 DIN Female	Panel Mount	Captivated	Plated
F4PDR	7-16 DIN Male	Right Angle	Solder	Plated
F4PDR-C	7-16 DIN Male	Right Angle	Captivated	Plated
F4PKM-C	4.1-9.5 DIN Male	Outdoor Use	Captivated	Plated
F4PKR-C	4.1-9.5 DIN Male	Right Angle, Outdoor Use	Captivated	Plated
F4PNF	N Female	N/A	Solder	Plated
F4PNF-BH	N Female	Bulkhead	Solder	Plated
F4PNF-C	N Female	N/A	Captivated	Plated
F4PNR-H	N Male	Right Angle	Solder	Plated
F4PNR-HC	N Male	Right Angle	Captivated	Plated
F4PDF-SX	7-16 DIN Female		Solder	Plated
F4PDF-SXBH	7-16 DIN Female		Solder	Plated
F4PDM-SX	7-16 DIN Male		Solder	Plated
F4PDR-T	7-16 DIN Male		Solder	Plated
F4XNM-TU	N Male		Solder	Plated
F4XNF-TU	N Female		Solder	Plated

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

FSJ4RN-50B

Superflexible coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband 0.5-10200 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.07	0.231	15.6
1	0.1	0.327	15.6
1.5	0.122	0.401	15.6
2	0.141	0.463	15.6
10	0.318	1.04	10.1
20	0.453	1.49	7.07
30	0.557	1.83	5.75
50	0.724	2.38	4.42
88	0.971	3.19	3.3
100	1.04	3.41	3.08
108	1.08	3.55	2.96
150	1.28	4.21	2.49
174	1.39	4.56	2.3
200	1.5	4.91	2.14
300	1.86	6.09	1.72
400	2.17	7.12	1.48
450	2.31	7.59	1.38
500	2.45	8.04	1.31
512	2.48	8.15	1.29
600	2.71	8.89	1.18
700	2.95	9.68	1.09
800	3.18	10.4	1.01
824	3.23	10.6	0.991
894	3.38	11.1	0.947
960	3.52	11.6	0.909
1000	3.6	11.8	0.889
1250	4.09	13.4	0.783
1500	4.54	14.9	0.705
1700	4.88	16	0.656
1800	5.05	16.6	0.634
2000	5.37	17.6	0.597
2100	5.53	18.1	0.58
2200	5.68	18.6	0.564

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com

PRODUCT SPECIFICATION

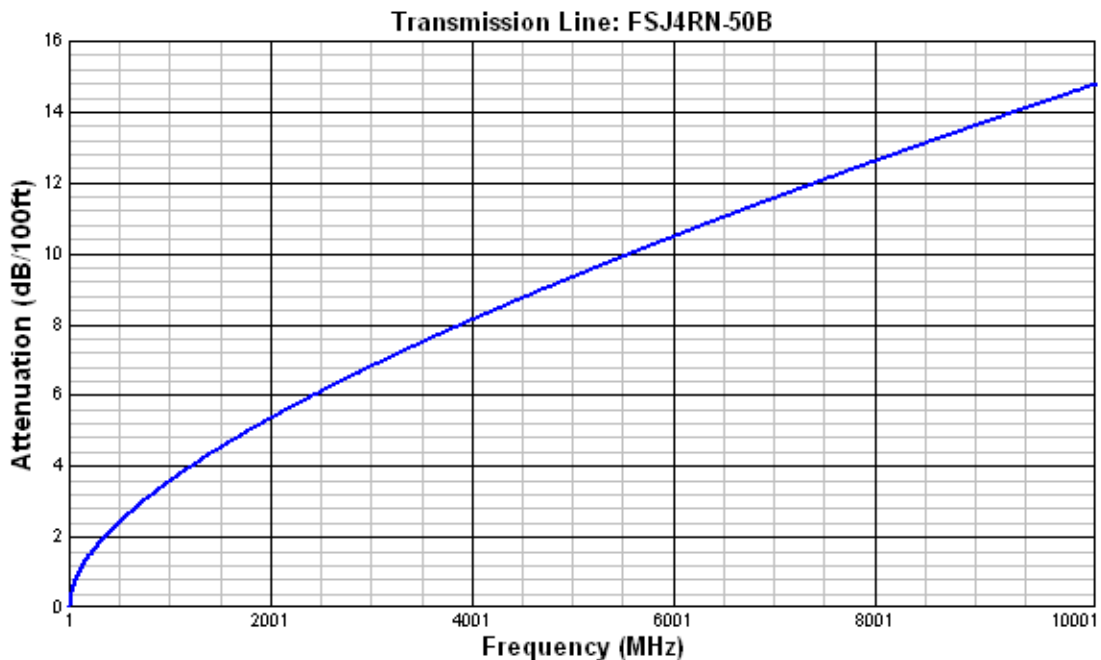
FSJ4RN-50B

Superflexible coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband 0.5-10200 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
2300	5.83	19.1	0.549
3000	6.84	22.4	0.469
3400	7.38	24.2	0.435
4000	8.15	26.7	0.394
5000	9.35	30.7	0.343
6000	10.5	34.4	0.306
8000	12.6	41.4	0.254
10000	14.6	47.9	0.22
10200	14.8	48.5	0.217



Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479

International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF4RN-50A

Standard coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband from 0.5-8800 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	No
Weight lb/ft (kg/m)	0.17 (0.25)
Tensile Strength lb (kg)	250.00 (113.00)
Flat Plate Crush Strength lb/in (kg/mm)	110.00 (2.00)
Minimum Bending Radius in (mm)	5.00 (125.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	2.80 (3.80)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (50.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	8.80
Velocity percentage	88.00
Peak Power Rating (kW)	40.00
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.45 (1.48)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.58 (1.90)
Cable Test Voltage (VDC)	4000.00
Jacket Spark volts (RMS)	5000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	23.10 (75.80)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Construction Materials

Dielectric Type	Low Density Foam Dielectric
Dielectric Material	Ployethylene Foam
Jacket Color	Gray
Jacket Description	Non-Halogenated, Fire Retardant
Jacket Material	Megolon
Outer Conductor Material	Corrugated Copper
Inner Conductor Material	Copper-Clad Aluminum Wire

Dimensions

Diameter Over Jacket in (mm)	0.62 (15.70)
Outer Conductor Outside Diameter in (mm)	0.55 (14.00)
Outer Conductor Inside Diameter in (mm)	0.53 (13.50)
Inner Conductor Outside Diameter in (mm)	0.19 (4.80)

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF4RN-50A

Standard coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband from 0.5-8800 MHz)

CHARACTERISTICS

General Specifications

Cable Grade	Flame Retardant
NEC Classification Type	CATVR
Nominal Size (inches)	1/2

Connectors

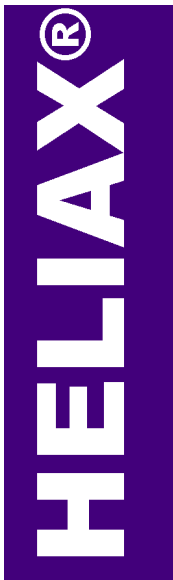
Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
124990-1	7/8 EIA Flange	Right Angle	N/A	Standard
209865	F Flange Female	N/A	Solder	Standard
L44F	F Flange Male	N/A	Solder	Standard
L44J	HN Male	N/A	Solder	Standard
L44M	LC Male	N/A	Solder	Standard
L44NT	TNC Female	N/A	Solder	Standard
L44P	UHF Male	N/A	Solder	Standard
L44R	7/8 EIA Flange	N/A	Solder	Standard
L44U	UHF Female	N/A	Solder	Standard
L4PDF	7-16 DIN Female	N/A	Solder	Plated
L4PDF-A	7-16 DIN Female	N/A	Solder	Plated
L4PDF-BH	7-16 DIN Female	Bulkhead	Solder	Plated
L4PDF-PM	7-16 DIN Female	Panel Mount	Solder	Plated
L4PDF-RC	7-16 DIN Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L4PDM	7-16 DIN Male	N/A	Solder	Plated
L4PDM-A	7-16 DIN Male	N/A	Solder	Plated
L4PDM-RC	7-16 DIN Male	Ring Flare	Captivated	Plated
L4PDR	7-16 DIN Male	Right Angle	Solder	Plated
L4PDR-C	7-16 DIN Male	Right Angle	Captivated	Plated
L4PNF	N Female	N/A	Solder	Plated
L4PNF-A	N Female	N/A	Solder	Plated
L4PNF-BH	N Female	Bulkhead	Solder	Plated
L4PNF-PM	N Female	Panel Mount	Solder	Plated
L4PNF-RC	N Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L4PNM-H	N Male	Hex Head	Solder	Plated
L4PNM-HA	N Male	Hex Head	Solder	Plated
L4PNM-RC	N Male	Ring Flare	Captivated	Plated
L4PNR-H	N Male	Right Angle	Solder	Plated

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF4RN-50A

Standard coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband from 0.5-8800 MHz)

CHARACTERISTICS

Connectors

Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
L4PNR-HC	N Male	Right Angle	Captivated	Plated
L44Z				Standard
L44PCW	SC Male			Plated
L4NF	N Female			Standard
L4PDM-RPC	7-16 DIN Male	One Piece	Captivated	Plated
L4PDR-AT	7-16 DIN Male			Plated
L4PNM	N Male		Solder	Plated
L4PNM-C	N Male		Captivated	Plated
L4PDM-RCE	7-16 DIN Male	Ring Flare	Spring Finger	Plated

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF4RN-50A

Standard coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband from 0.5-8800 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.045	0.149	40
1	0.064	0.211	35.8
1.5	0.079	0.259	29.2
2	0.091	0.299	25.3
10	0.205	0.672	11.3
20	0.291	0.954	7.93
30	0.357	1.17	6.46
50	0.463	1.52	4.98
88	0.619	2.03	3.73
100	0.661	2.17	3.49
108	0.688	2.26	3.36
150	0.815	2.67	2.83
174	0.88	2.89	2.62
200	0.946	3.1	2.44
300	1.17	3.83	1.97
400	1.36	4.46	1.7
450	1.45	4.75	1.59
500	1.53	5.02	1.51
512	1.55	5.08	1.49
600	1.69	5.53	1.37
700	1.83	6.01	1.26
800	1.97	6.46	1.17
824	2	6.56	1.15
894	2.09	6.85	1.1
960	2.17	7.12	1.06
1000	2.22	7.28	1.04
1250	2.51	8.23	0.921
1500	2.77	9.09	0.833
1700	2.97	9.74	0.777
1800	3.07	10.1	0.753
2000	3.25	10.7	0.71
2100	3.34	11	0.691
2200	3.43	11.2	0.673

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

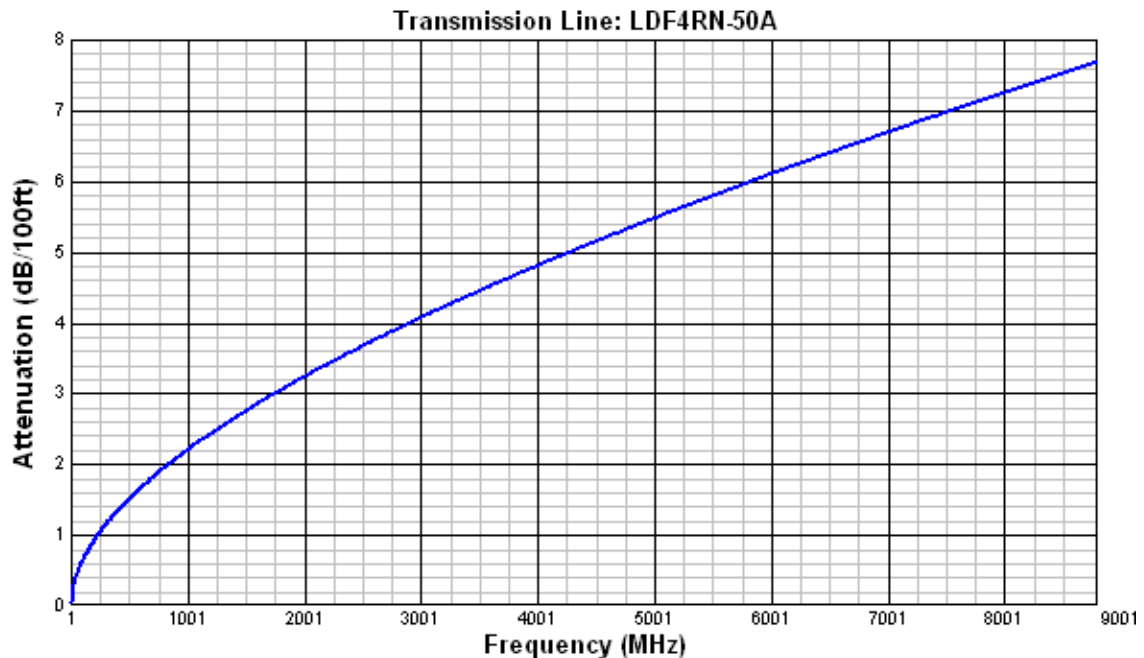
LDF4RN-50A

Standard coaxial cable, 1/2", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVX) (Wideband from 0.5-8800 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
2300	3.52	11.5	0.657
3000	4.09	13.4	0.565
3400	4.39	14.4	0.526
4000	4.82	15.8	0.479
5000	5.49	18	0.421
6000	6.11	20.1	0.378
8000	7.26	23.8	0.318
8800	7.69	25.2	0.3



Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Customer Support Center:

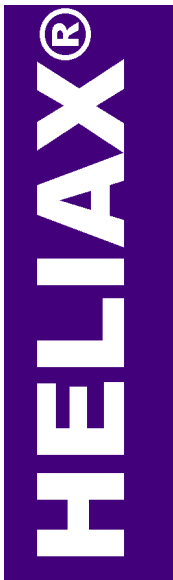
From North America: 1-800-255-1479

International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF5RN-50A

Standard coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-5000 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	No
Weight lb/ft (kg/m)	0.38 (0.57)
Tensile Strength lb (kg)	325.00 (147.00)
Flat Plate Crush Strength lb/in (kg/mm)	80.00 (1.40)
Minimum Bending Radius in (mm)	10.00 (250.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	12.00 (16.30)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (50.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	5.00
Velocity percentage	89.00
Peak Power Rating (kW)	91.00
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.32 (1.05)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.32 (1.05)
Cable Test Voltage (VDC)	6000.00
Jacket Spark volts (RMS)	5000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	22.80 (74.80)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Construction Materials

Dielectric Type	Low Density Foam Dielectric
Dielectric Material	Ployethylene Foam
Jacket Color	Gray
Jacket Description	Non-Halogenated, Fire Retardant
Jacket Material	Megolon
Outer Conductor Material	Corrugated Copper
Inner Conductor Material	Copper Tube

Dimensions

Diameter Over Jacket in (mm)	1.09 (27.70)
Outer Conductor Outside Diameter in (mm)	0.98 (24.90)
Outer Conductor Inside Diameter in (mm)	0.96 (24.40)
Inner Conductor Outside Diameter in (mm)	0.36 (9.10)
Inner Conductor Inside Diameter in (mm)	0.30 (7.60)

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF5RN-50A

Standard coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-5000 MHz)

CHARACTERISTICS

General Specifications

Cable Grade	Flame Retardant
NEC Classification Type	CATVR
Nominal Size (inches)	7/8

Connectors

Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
124800-1	7/8 EIA Flange	Right Angle	N/A	Standard
48041	F Flange Female	N/A	Self-Tapping	Standard
L45F	F Flange Male	N/A	Self-Tapping	Standard
L45R	7/8 EIA Flange	N/A	Self-Tapping	Standard
L5PDF-BH	7-16 DIN Female	Bulkhead	Self-Tapping	Plated
L5PDF-PM	7-16 DIN Female	Panel Mount	Self-Tapping	Plated
L5PDF-RCN	7-16 DIN Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L5PDF-RPC	7-16 DIN Female	One Piece	Captivated	Plated
L5PDM-RCN	7-16 DIN Male	Ring Flare	Captivated	Plated
L5PDM-RPC	7-16 DIN Male	One Piece	Captivated	Plated
L5PDR	7-16 DIN Male	Right Angle	Self-Tapping	Plated
L5PNF-RCN	N Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L5PNF-RPC	N Female	One Piece	Captivated	Plated
L5PNM-RCN	N Male	Ring Flare	Captivated	Plated
L5PNM-RPC	N Male	One Piece	Captivated	Plated
L5NM	N Male		Solder	Standard
L5PDF-BHRC	7-16 DIN Female		Captivated	Plated
L5PDF-RC	7-16 DIN Female		Captivated	Plated
L5PDM-RC	7-16 DIN Male		Captivated	Plated
L5PNF-RC	N Female		Captivated	Plated
L5TDF-PS	7-16 DIN Female		Captivated	Plated

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF5RN-50A

Standard coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-5000 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.025	0.081	91
1	0.035	0.115	78.6
1.5	0.043	0.141	64.1
2	0.05	0.163	55.5
10	0.112	0.366	24.6
20	0.159	0.521	17.3
30	0.195	0.641	14.1
50	0.254	0.833	10.8
88	0.34	1.12	8.08
100	0.364	1.19	7.56
108	0.378	1.24	7.26
150	0.449	1.47	6.12
174	0.486	1.59	5.66
200	0.523	1.72	5.26
300	0.649	2.13	4.24
400	0.758	2.49	3.63
450	0.808	2.65	3.41
500	0.855	2.81	3.22
512	0.866	2.84	3.17
600	0.945	3.1	2.91
700	1.03	3.37	2.67
800	1.11	3.63	2.48
824	1.13	3.69	2.44
894	1.18	3.87	2.34
960	1.23	4.02	2.24
1000	1.25	4.12	2.19
1250	1.42	4.67	1.93
1500	1.58	5.18	1.74
1700	1.7	5.56	1.62
1800	1.75	5.75	1.57
2000	1.86	6.11	1.48
2100	1.92	6.29	1.44
2200	1.97	6.46	1.4

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

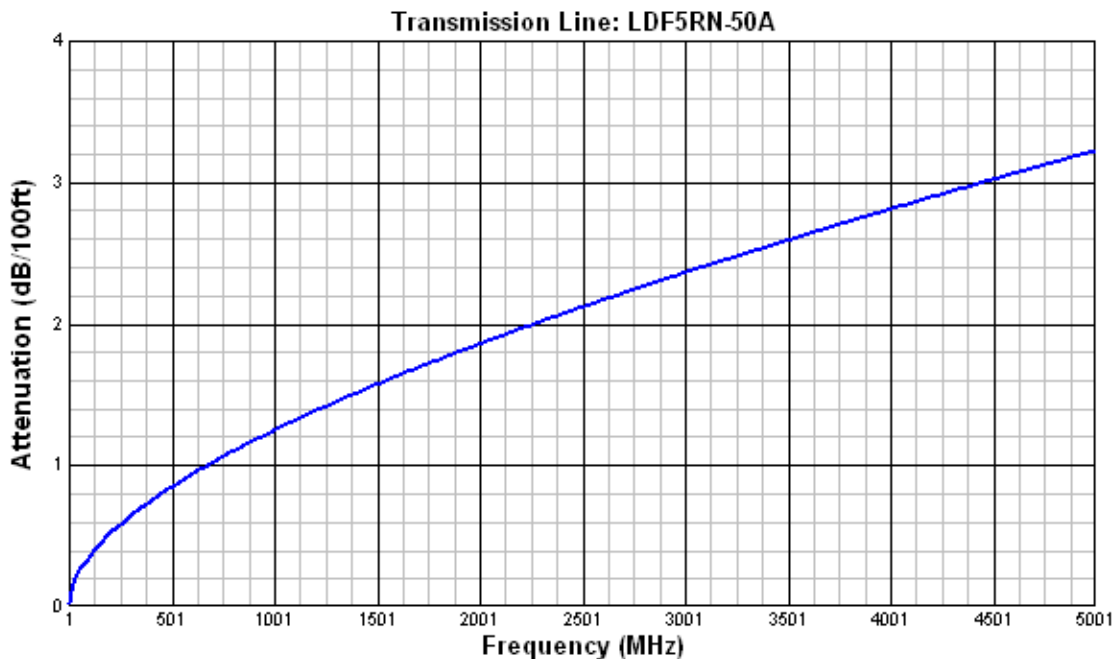
LDF5RN-50A

Standard coaxial cable, 7/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-5000 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
2300	2.02	6.63	1.36
3000	2.37	7.76	1.16
3400	2.55	8.37	1.08
4000	2.81	9.23	0.978
5000	3.23	10.6	0.853

**Standard Conditions:**

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479

International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF6RN-50

Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-3300 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	Yes
Volume feet (liters)	1.70 (158.00)
Weight lb/ft (kg/m)	0.72 (1.07)
Tensile Strength lb (kg)	1300.00 (590.00)
Flat PlateCrush Strength lb/in (kg/mm)	125.00 (2.20)
Minimum Bending Radius in (mm)	15.00 (380.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	36.00 (48.80)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (40.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	3.30
Velocity percentage	89.00
Peak Power Rating (kW)	205.00
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.22 (0.72)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.19 (0.62)
Cable Test Voltage (VDC)	9000.00
Jacket Spark volts (RMS)	8000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	22.90 (75.10)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Construction Materials

Dielectric Type	Low Density Foam Dielectric
Dielectric Material	Ployethylene Foam
Jacket Color	Gray
Jacket Description	Non-Halogenated, Fire Retardant
Jacket Material	Megolon
Outer Conductor Material	Corrugated Copper
Inner Conductor Material	Copper Tube

Dimensions

Diameter Over Jacket in (mm)	1.55 (39.40)
Outer Conductor Outside Diameter in (mm)	1.41 (35.80)
Outer Conductor Inside Diameter in (mm)	1.38 (35.10)
Inner Conductor Outside Diameter in (mm)	0.52 (13.20)
Inner Conductor Inside Diameter in (mm)	0.46 (11.70)

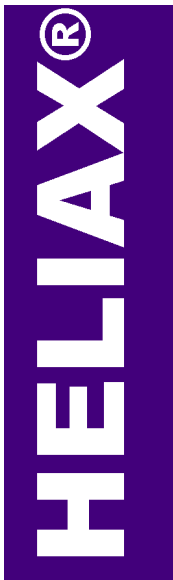
Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF6RN-50

Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-3300 MHz)

CHARACTERISTICS

General Specifications

Cable Grade	Flame Retardant
NEC Classification Type	CATVR
Nominal Size (inches)	1-1/4

Connectors

Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
L46F	F Flange Male	N/A	Self-Tapping	Standard
L46R	1-5/8 EIA Flange	N/A	Self-Tapping	Standard
L46S	7/8 EIA Flange	N/A	Self-Tapping	Standard
L6PDF-BH	7-16 DIN Female	Bulkhead	Self-Tapping	Plated
L6PDF-RC	7-16 DIN Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L6PDF-RPC	7-16 DIN Female	One Piece	Captivated	Plated
L6PDM-RPC	7-16 DIN Male	One Piece	Captivated	Plated
L6PNF	N Female	N/A	Solder	Plated
L6PNF-RC	N Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L6PNF-RPC	N Female	One Piece	Captivated	Plated
L6PNM-RPC	N Male	One Piece	Captivated	Plated



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF6RN-50

Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-3300 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.017	0.056	175
1	0.024	0.079	123
1.5	0.03	0.097	101
2	0.034	0.112	87.1
10	0.077	0.253	38.6
20	0.11	0.361	27.1
30	0.135	0.444	22
50	0.176	0.579	16.9
88	0.237	0.778	12.6
100	0.254	0.832	11.7
108	0.264	0.867	11.3
150	0.314	1.03	9.47
174	0.34	1.12	8.75
200	0.367	1.2	8.12
300	0.457	1.5	6.52
400	0.535	1.76	5.57
450	0.571	1.87	5.22
500	0.606	1.99	4.92
512	0.614	2.01	4.86
600	0.671	2.2	4.44
700	0.732	2.4	4.07
800	0.789	2.59	3.78
824	0.803	2.63	3.71
894	0.841	2.76	3.54
960	0.876	2.87	3.4
1000	0.897	2.94	3.32
1250	1.02	3.35	2.92
1500	1.14	3.73	2.62
1700	1.22	4.02	2.43
1800	1.27	4.16	2.35
2000	1.35	4.43	2.21
2100	1.39	4.56	2.14
2200	1.43	4.69	2.08

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

PRODUCT SPECIFICATION

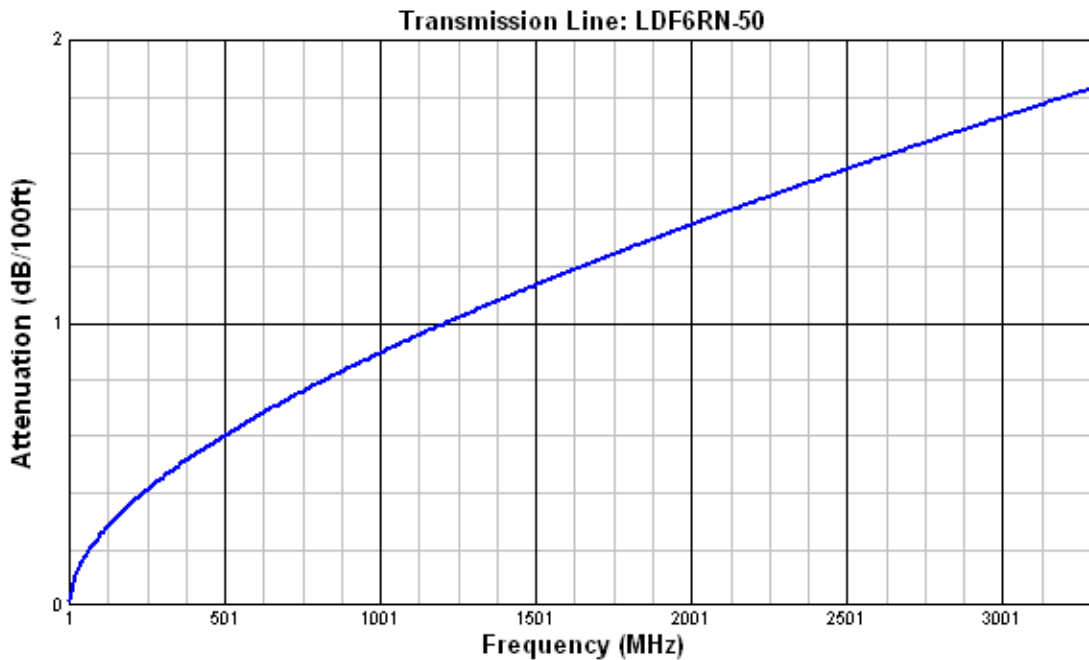
LDF6RN-50

Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-3300 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
2300	1.47	4.82	2.03
3000	1.73	5.68	1.72
3300	1.84	6.02	1.62



Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Customer Support Center:

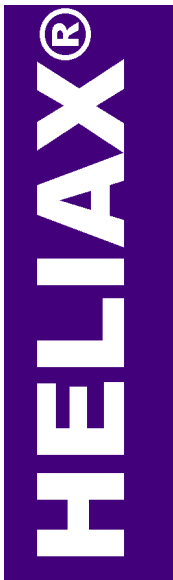
From North America: 1-800-255-1479

International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF7RN-50A

Standard coaxial cable, 1-5/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-2500 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	Yes
Weight lb/ft (kg/m)	1.02 (1.52)
Tensile Strength lb (kg)	900.00 (408.00)
Flat Plate Crush Strength lb/in (kg/mm)	150.00 (2.70)
Minimum Bending Radius in (mm)	20.00 (510.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	45.00 (61.00)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (50.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	2.50
Velocity percentage	88.00
Peak Power Rating (kW)	315.00
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.25 (0.82)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	0.13 (0.43)
Cable Test Voltage (VDC)	11000.00
Jacket Spark volts (RMS)	8000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	23.10 (75.80)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Construction Materials

Dielectric Type	Low Density Foam Dielectric
Dielectric Material	Ployethylene Foam
Jacket Color	Gray
Jacket Description	Non-Halogenated, Fire Retardant
Jacket Material	Megolon
Outer Conductor Material	Corrugated Copper
Inner Conductor Material	Corrugated Copper Tube

Dimensions

Diameter Over Jacket in (mm)	1.98 (50.30)
Outer Conductor Outside Diameter in (mm)	1.82 (46.20)
Outer Conductor Inside Diameter in (mm)	1.80 (45.70)
Inner Conductor Outside Diameter in (mm)	0.68 (17.30)
Inner Conductor Inside Diameter in (mm)	0.64 (16.30)

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

www.andrew.com



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF7RN-50A

Standard coaxial cable, 1-5/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-2500 MHz)

CHARACTERISTICS

General Specifications

Cable Grade	Flame Retardant
NEC Classification Type	CATVR
Nominal Size (inches)	1-5/8

Connectors

Part Number	Connector Type	Special Characteristics	Inner Contact Attachment	Grade
201942	F Flange Female	N/A	Tab-Flare	Standard
L47F	F Flange Male	N/A	Tab-Flare	Standard
L47R	1-5/8 EIA Flange	N/A	Tab-Flare	Standard
L47S	7/8 EIA Flange	N/A	Tab-Flare	Standard
L7PDF-RC	7-16 DIN Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L7PDF-RPC	7-16 DIN Female	One Piece	Captivated	Plated
L7PDM-RPC	7-16 DIN Male	One Piece	Captivated	Plated
L7PNF-RC	N Female	Ring Flare	Captivated	Plated
L7PNF-RPC	N Female	One Piece	Captivated	Plated
L7PNM-RPC	N Male	One Piece	Captivated	Plated
L7PDF	7-16 DIN Female		Solder	Plated

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF7RN-50A

Standard coaxial cable, 1-5/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-2500 MHz)

CHARACTERISTICS

Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.014	0.044	247
1	0.019	0.063	175
1.5	0.024	0.077	142
2	0.027	0.089	123
10	0.062	0.202	54.3
20	0.088	0.289	38.1
30	0.109	0.356	30.9
50	0.142	0.465	23.6
88	0.191	0.627	17.5
100	0.205	0.671	16.4
108	0.213	0.699	15.7
150	0.254	0.834	13.2
174	0.276	0.904	12.2
200	0.297	0.976	11.3
300	0.372	1.22	9.01
400	0.437	1.43	7.67
450	0.467	1.53	7.18
500	0.496	1.63	6.76
512	0.503	1.65	6.67
600	0.55	1.81	6.09
700	0.602	1.97	5.57
800	0.65	2.13	5.15
824	0.662	2.17	5.06
894	0.694	2.28	4.83
960	0.724	2.38	4.63
1000	0.742	2.43	4.52
1250	0.848	2.78	3.95
1500	0.947	3.11	3.54
1700	1.02	3.35	3.28
2000	1.13	3.71	2.96
2300	1.23	4.05	2.72
2500	1.3	4.27	2.58

Customer Support Center:
From North America: 1-800-255-1479
International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004



Coaxial Cable

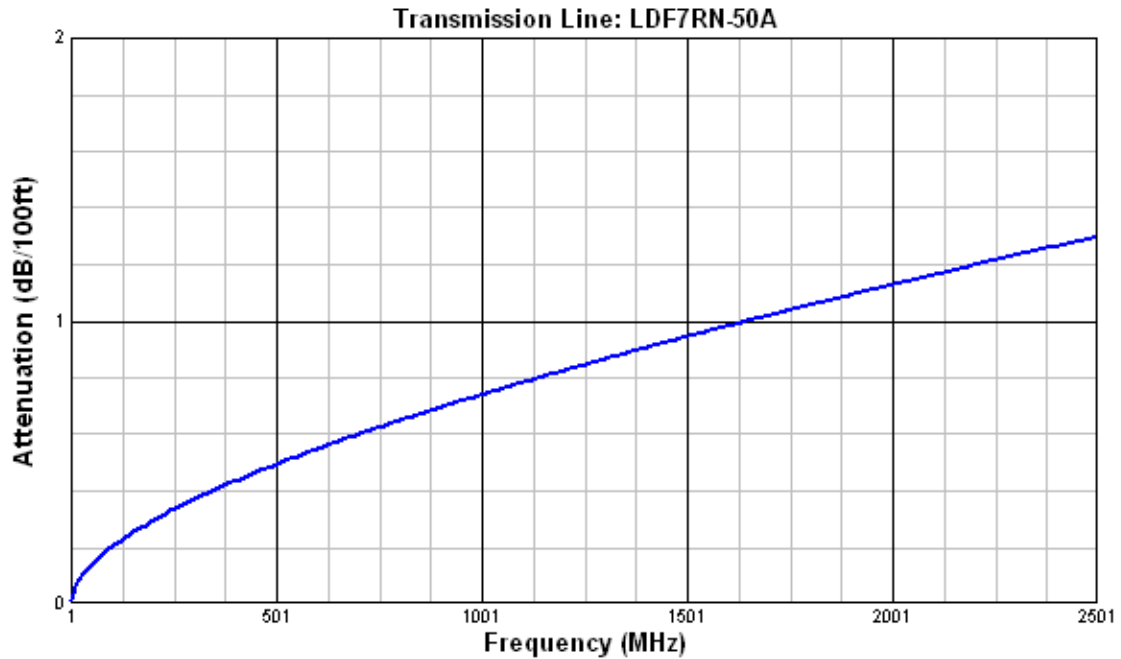


PRODUCT SPECIFICATION

LDF7RN-50A

Standard coaxial cable, 1-5/8", 50 ohm foam HELIAX with fire retardant jacket (CATVR) (Wideband from 0.5-2500 MHz)

CHARACTERISTICS



Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Customer Support Center:

From North America: 1-800-255-1479

International: +1-708-873-2307

www.andrew.com

This Specification Sheet is for reference only and is subject to change without notice.

Copyright © 2002 by Andrew Corporation, Printed in U.S.A. 09/21/2004

Radiating Mode Cables

RCT Series



Cable Types	Nominal Size				
	7/8"	1-1/4"	1-5/8"	7/8"	1-5/8"
Standard Jacketing, Not Buriable, Not Fire Retardant	RCT5-LTC-1-AX	RCT6-LTC-1-AX	RCT7-LTC-1-AX	RCT5-LT-1-AX	RCT7-TC-1-AX
Fire-Retardant, Non-Halogenated Jacketing (IEC 332-1)	RCT5-LTC-1-RN	RCT6-LTC-1-RN	RCT7-LTC-1-RN	RCT5-LT-1-RN	RCT7-TC-1-RN
"Fire-Retardant, Non-Halogenated Jacketing (IEC 332-1, IEC 332-3, IEEE 323)"	RCT5-LTC-1-RNT1	RCT6-LTC-1-RNT1	RCT7-LTC-1-RNT1	RCT5-LT-1-RNT1	RCT7-TC-1-RNT1
"Fire-Retardant, Non-Halogenated Jacketing (IEC 332-1, IEC 332-3, IEEE 323, UL1600 Compliant)"	RCT5-LTC-1-RNT	RCT6-LTC-1-RNT	RCT7-LTC-1-RNT	RCT5-LT-1-RNT	RCT7-TC-1-RNT
Electrical Characteristics					
Impedance, ohms	50	50	50	50	50
Velocity, percent	88	89	88	88	88
Typical VSWR	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
75 MHz					
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m)	0.34 (1.1)	0.27 (0.9)	0.18 (0.6)	–	–
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	64	62	67	–	–
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	76	71	78	–	–
1 km System Loss, dB	75	71	78	–	–
150 MHz					
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m)	0.58 (1.9)	0.40 (1.3)	0.27 (0.9)	0.52 (1.7)	–
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	68	67	74	68	–
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	80	80	86	78	–
1 km System Loss, dB	87	80	83	85	–
350 MHz					
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m)	0.88 (2.9)	0.64 (2.1)	0.52 (1.7)	0.95 (3.1)	0.43 (1.4)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	72	72	72	62	78
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	80	78	79	74	87
1 km System Loss, dB	101	93	89	93	92
450 MHz					
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m)	1.0 (3.3)	0.67 (2.2)	0.55 (1.8)	1.04 (3.4)	0.52 (1.7)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	69	70	69	69	71
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	77	80	80	79	77
1 km System Loss, dB	102	92	87	103	88
800 MHz					
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m)	1.49 (4.9)	1.19 (3.9)	0.88 (2.9)	–	0.95 (3.1)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	63	62	63	–	53
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	71	68	67	–	56
1 km System Loss, dB	112	101	92	–	84
900 MHz					
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m)	1.6 (5.3)	1.33 (4.37)	0.91 (3.0)	–	0.98 (3.2)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	63	62	60	–	55
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	73	68	63	–	58
1 km System Loss, dB	116	106	90	–	87
Mechanical Characteristics					
Diameter over Jacket, in (mm)	1.07 (27.2)	1.54 (39.1)	1.9 (48.3)	1.07 (27.2)	1.9 (48.3)
Minimum Bending Radius, in (mm)	10 (254)	15 (380)	20 (508)	10 (254)	20 (508)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.41 (0.61)	0.53 (0.79)	0.88 (1.31)	0.41 (0.61)	0.88 (1.31)
Frequency Bands (Field 2 of Type Number)					
L = 70-300 MHz	C = 800-1000 MHz	U = 2000-2300 MHz			
T = 300-500 MHz	P = 1700-2000 MHz	S = 2300-2400 MHz			

* = Tuned cables for specific customer frequency

Note: All coupling loss and attenuation specifications were measured on an outdoor test range per IEC 1196-4 Standard.



Radiating Mode Cables

RCT Series



Distributed Communications Systems

Cable Types	Nominal Size	
	1-1/4"	1-5/8"
Standard Jacketing	RCT6-PUS-1-AX	RCT7-CPUS-2-AX
Fire-Retardant, Non-Halogenated Jacketing (IEC 332-1)	RCT6-PUS-1-RN	RCT7-CPUS-2-RN
*Fire-Retardant, Non-Halogenated Jacketing (IEC 332-1, IEC 332-3, IEEE 323)	RCT6-PUS-1-RNT1	RCT7-CPUS-2-RNT1
*Fire-Retardant, Non-Halogenated Jacketing (IEC 332-1, IEC 332-3, IEEE 323, UL1600 Compliant)	RCT6-PUS-1-RNT	RCT7-CPUS-2-RNT
Electrical Characteristics		
Impedance, ohms	50	50
Velocity, percent	89	88
Typical VSWR	1.3	1.3
800 MHz		
Attenuation, dB/100 ft (dB/100m)	-	0.61 (2.0)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 10 dB	-	68
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 10 dB	-	70
1 km System Loss, dB	-	88
900 MHz		
Attenuation, dB/100 ft (dB/100m)	-	0.67 (2.2)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	-	62
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	-	64
1 km System Loss, dB	-	84
1800 MHz		
Attenuation, dB/100 ft (dB/100m)	1.25 (4.1)	1.68 (5.5)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	79	56
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	83	59
1 km System Loss, dB	120	111
1900 MHz		
Attenuation, dB/100 ft (dB/100m)	1.31 (4.3)	1.59 (5.2)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	75	58
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	79	60
1 km System Loss, dB	118	110
2100 MHz		
Attenuation, dB/100 ft (dB/100m)	1.43 (4.7)	1.55 (5.1)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	69	61
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	74	66
1 km System Loss, dB	116	112
2400 MHz		
Attenuation, dB/100 ft (dB/100m)	1.74 (5.7)	1.55 (5.1)
50% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	64	63
95% Coupling Loss at 6 ft (2 m), dB ± 5 dB	69	70
1 km System Loss, dB	121	114
Mechanical Characteristics		
Diameter over Jacket, in (mm)	1.54 (39.1)	1.9 (48.3)
Minimum Bending Radius, in (mm)	15 (380)	20 (508)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.53 (0.79)	0.88 (1.31)
Frequency Bands (Field 2 of Type Number)		
L = 70-300 MHz	C = 800-1000 MHz	P = 1700-2000 MHz
T = 300-500 MHz	U = 2000-2300 MHz	S = 2300-2400 MHz

* = Tuned cables for specific customer frequency

Note: All coupling loss and attenuation specifications were measured on an outdoor test range per IEC 1196-4 Standard.



ORN



Radiating Cable- RFCL Series (Radiating Mode)



7/8" RFCL 22D /
RFCL-FR 22D



1-1/4" RFCL 33D /
RFCL-FR 33D



1-5/8" RFCL 42D /
RFCL-FR 42D

Construction

		RFCL 22D (7/8")	RFCL 33D (1-1/4")	RFCL 42D (1-5/8")
Inner Conductor	Material/ Construction	Smooth Copper Tube	Smooth Copper Tube	Corrugated Copper Tube
	Diameter(m)	9.0	13.0	17.1
Dielectric	Material/ Construction	Foamed Polyethylene	Foamed Polyethylene	Foamed Polyethylene
	Diameter (m)	23.3	33.0	43.5
Outer Conductor	Material/ Construction	Overlapped Copper Foil with Punched Leaky Slots	Overlapped Copper Foil with Punched Leaky Slots	Overlapped Copper Foil with Punched Leaky Slots
	Diameter (m)	23.7	33.5	44.0
Jacket Diameter	Standard Jacket (m)	27.3	38.0	48.0
	Halogen - Free / Flame Retardant (m)	28.7	39.0	49.0

ORN Sdn. Bhd.

47-4, Jalan SP 2/1, Taman Serdang Perdana, Seksyen 2, 43300 Seri Kembangan, Selangor, MALAYSIA.

Email : info@ornets.com

Tel : +603 - 89412300

Website : www.ornets.com

Fax : +603 - 89415300



ORNET



Mechanical Characteristics

		RFCL 22D (7/8")	RFCL 33D (1-1/4")	RFCL 42D (1-5/8")
Minimum Bending Radius (m)		350	500	700
Recommended Operating Temperature	Standard Jacket (°C)	-40~+80	-40~+80	-40~+80
	Halogen - Free / Flame Retardant (°C)	-30~+80	-30~+80	-30~+80
Nominal Weight	Standard Jacket (kg/km)	591	790	995
	Halogen - Free / Flame Retardant (kg/km)	711	950	1,197

Electrical Characteristics

		RFCL 12D (7/8")	RFCL 33D (1-1/4")	RFCL 42D (1-5/8")
DC Resistance Q/1,000m (Q/1,000ft)	Inner Conductor	1.05 (0.32)	0.72 (0.22)	0.85(0.26)
	Outer Conductor	1.70 (0.52)	1.28(0.39)	1.00 (0.30)
Insulation Resistance (mQ*km)		10,000	10,000	10,000
Dielectric Strength (for 1 Min.)		DC 6,000V	DC 9,000V	DC 11,000V
Velocity Propagation (%)		88	87	87
Characteristic Impedance (Ω)		50 ± 2	50 ± 2	50 ± 2



Attenuation and Coupling Loss (at 20 °C)

Frequency (MHz)			RFCL 22D (7/8")	RFCL 33D (1-1/4")	RFCL 42D (1-5/8 ")
RFCL M-Type	Attenuation dB/1km	75	11	7	7.5
		150	15	11	17.0
		450	30	20	19.0
		800	38	31	28.0
		900	40	34	26.0
	Coupling Loss (dB) 50%/95%	75	79/86	70/80	70/78
		150	77/83	76/85	70/78
		450	60/65	60/64	59/67
		800	63/68	62/71	54/64
		900	65/70	56/62	52/64
RFCL W-Type	Attenuation dB/1km	1700	54	50	46
		1900	57	54	48
		2100	60	58	52
		2300	65	62	59
		2500	72	70	67
	Coupling Loss (dB) 50%/95%	1700	63/68	56/61	58/63
		1900	64/69	62/67	56/61
		2100	64/69	64/69	60/65
		2300	65/70	60/65	58/63
		2500	65/70	60/65	60/65

* Standard Conditions : V.S.W.R 1.0 ; Ambient Temperature 20°C



Radiating Cable- RFCX Series (Coupled Mode)



1/2" RFCX 12D/
RFCX-FR 12D



7/8" RFCX 22D/
RFCX-FR 22D



1-1/4" RFCX 33D/
RFCX-FR 33D



1-5/8" RFCX 42D/
RFCX-FR 42D

Construction

		RFCX 12D (1/2")	RFCX 22D (7/8")	RFCX 33D (1-1/4")	RFCX 42D (1-5/8")
Inner Conductor	Material/ Construction	Copper Clad Aluminum Wire	Smooth Copper Tube	Smooth Copper Tube	Corrugated Copper Tube
	Diameter(m)	4.8	9.0	13.1	17.1
Dielectric	Material/ Construction	Foamed Polyethylene	Foamed Polyethylene	Foamed Polyethylene	Foamed Polyethylene
	Diameter (m)	12.0	22.1	32.4	42.5
Outer Conductor	Material/ Construction	Annularly Corrugated Copper Tube with Milled Slots	Annularly Corrugated Copper Tube with Milled Slots	Annularly Corrugated Copper Tube with Milled Slots	Annularly Corrugated Copper Tube with Milled Slots
	Diameter (m)	13.8	24.9	36.0	46.5
Jacket Diameter	Standard Jacket (m)	16.0	27.9	39.0	50.0
	Halogen - Free / Flame Retardant (m)	16.0	27.9	39.0	50.0



ORN



Mechanical Characteristics

		RFCX 12D (1/2")	RFCX 22D (7/8")	RFCX 33D (1-1/4")	RFCX 42D (1-5/8")
Minimum Bending Radius (m)		125	250	380	510
Recommended Operating Temperature	Standard Jacket (°C)	-40~+80	-40~+80	-40~+80	-40~+80
	Halogen - Free / Flame Retardant (°C)	-30~+80	-30~+80	-30~+80	-30~+80
Nominal Weight	Standard Jacket (kg/km)	242	526	951	1,403
	Halogen - Free / Flame Retardant (kg/km)	260	595	1,014	1,496

Electrical Characteristics

		RFCX 12D (1/2")	RFCX 22D (7/8")	RFCX 33D (1-1/4")	RFCX 42D (1-5/8")
DC Resistance Q/1,000m (Q/1,000ft)	Inner Conductor	1.55 (0.47)	1.05 (0.32)	0.72 (0.22)	0.85(0.26)
	Outer Conductor	2.50 (0.76)	1.30(0.40)	0.60(0.18)	0.50 (0.15)
Insulation Resistance (mQ*km)		10,000	10,000	10,000	10,000
Dielectric Strength (for 1 Min.)		DC 4,000V	DC 6,000V	DC 9,000V	DC 11,000V
Velocity Propagation (%)		88	88	88	87
Characteristic Impedance (Ω)		50 ± 2	50 ± 2	50 ± 2	50 ± 2



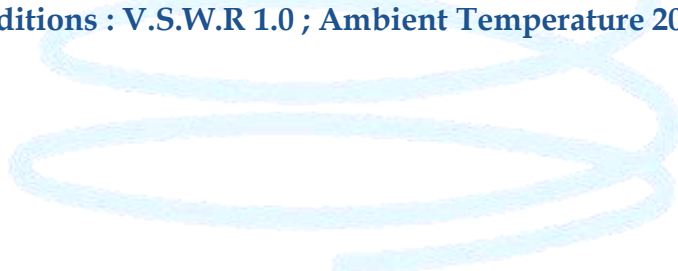
ORNET



Attenuation and Coupling Loss (at 20 °C)

Frequency (MHz)		RFCX 12D (1/2")	RFCX 22D (7/8")	RFCX 33D (1-1/4")	RFCX 42D (1-5/8 ")
Attenuation dB/1km	75	22.0	12.0	10.0	7.5
	150	31.0	16.0	13.0	17.0
	450	55.0	29.0	24.0	19.0
	800	75.0	41.0	34.0	28.0
	900	79.0	43.0	36.0	26.0
	1,800	118.0	67.0	59.0	43.0
	2,200	131.0	76.0	71.0	55.0
	2,400	140.0	80.0	76.0	60.0
Coupling Loss (dB) 50% / 95%	90	63 / 74	59 / 69	58 / 68	60 / 72
	150	67 / 77	61 / 77	65 / 74	74 / 80
	450	71 / 83	70 / 80	68 / 78	69 / 80
	800	75 / 86	70 / 82	69 / 82	70 / 81
	900	74 / 85	69 / 79	70 / 81	71 / 82
	1,800	71 / 82	67 / 81	66 / 79	65 / 78
	2,200	73 / 84	69 / 80	67 / 80	66 / 78
	2,400	71 / 83	69 / 82	66 / 79	65 / 77

* Standard Conditions : V.S.W.R 1.0 ; Ambient Temperature 20°C





RADIAX® Connectors and Accessories



Connectors for RCT Series Cables - Type Numbers

Cable Type	N-Male	N-Female	7-16 DIN Male	7-16 DIN Female
RCT5	SR5PNM	SR5PNF	SR5PDM	SR5PDF
RCT6	SR6PNM	SR6PNF	SR6PDM	SR6PDF
RCT7	SR7PNM	SR7PNF	SR7PDM	SR7PDF

Connectors for RXL and RXP Series Cables

Cable Type	N-Male	N-Female	7-16 DIN Male	7-16 DIN Female	See Page*
RXL1	F1PNMV2-H	F1PNF-BH	F1PDM	F1PDF	475
RXL2	L2PNM-H	L2PNF	L2PDM-C	L2PDF-C	495
RXL4, RXP4	L4PNM-H	L4PNF	L4PDM	L4PDF	497
RXL4.5	L4.5PNM-RC	L4.5PNF-RC	L4.5PDM-RC	L4.5PDF-RC	501
RXL5	L5PNM-RPC	L5PNF-RPC	L5PDM-RPC	L5PDF-RPC	507
RXL6	L6PNM-RPC	L6PNF-RPC	L6PDM-RPC	L6PDF-RPC	514
RXL7	L7PNM-RPC	L7PNF-RPC	L7PDM-RPC	L7PDF-RPC	521

* For specifications and additional connectors.



Dual-Band Hybrid Coupler Combiners

Combine signals from different sources onto the same RADIAX cable. Loss feeding a single cable is 3 dB, however, using both independent outputs to feed two RADIAX cables, the aggregate loss due to dissipative losses is minimal (<0.2 dB). Suitable for indoor and outdoor use.

Adjustable Signal Tap/Sampler

Taps off a portion of the main line energy with a capacitive probe from 380 - 2200 MHz. The coupling between probe and main line is continuously adjustable from -90 dBc and -10dBc and may be locked in any selected position.

Ordering Information

Ref.	Frequency Band MHz	Isolation dB	Connectors	Type Number
A	800 - 2,200	>30	N female	245566
A	800 - 2,200	>30	7-16 DIN female	245567

Ordering Information

Reference	Power Watts	VSWR	Connectors All Ports	Type Number
B	500	1.3	N	245572

ANEXO C. CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS

Indoor Multi-band Omni Antenna Vertical Polarization

876–960

1710–2500

KATHREIN

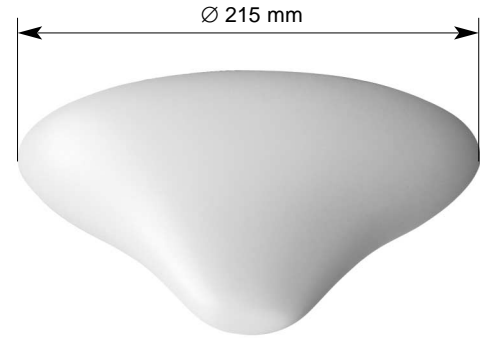
Antennen · Electronic

V

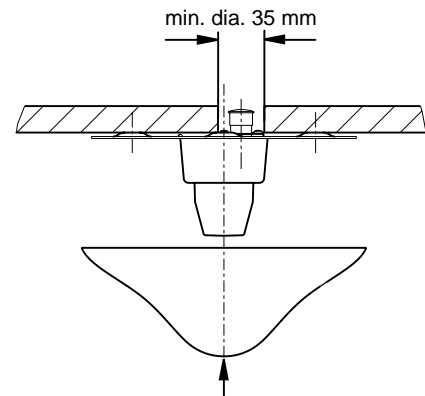
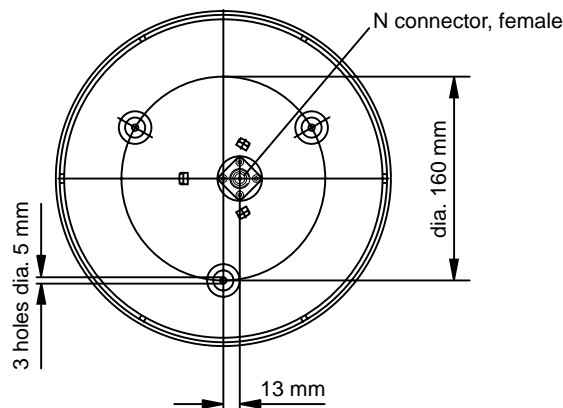
- The antenna needs no additional groundplane.

VPol Indoor 876–960/1710–2500 360° 2dBi

Type No.	800 10173
Frequency range	876 – 960 MHz 1710 – 2500 MHz
Polarization	Vertical
Gain	2 dBi
Impedance	50 Ω
VSWR	876 – 890 MHz: < 1.8 890 – 960 MHz: < 1.6 1710 – 2170 MHz: < 1.6 2170 – 2500 MHz: < 2.0
Max. power (per band)	50 W (at 50 °C ambient temperature)
Input	1 x N female
Weight	340 g
Diameter	215 mm
Height	85 mm (without connector)

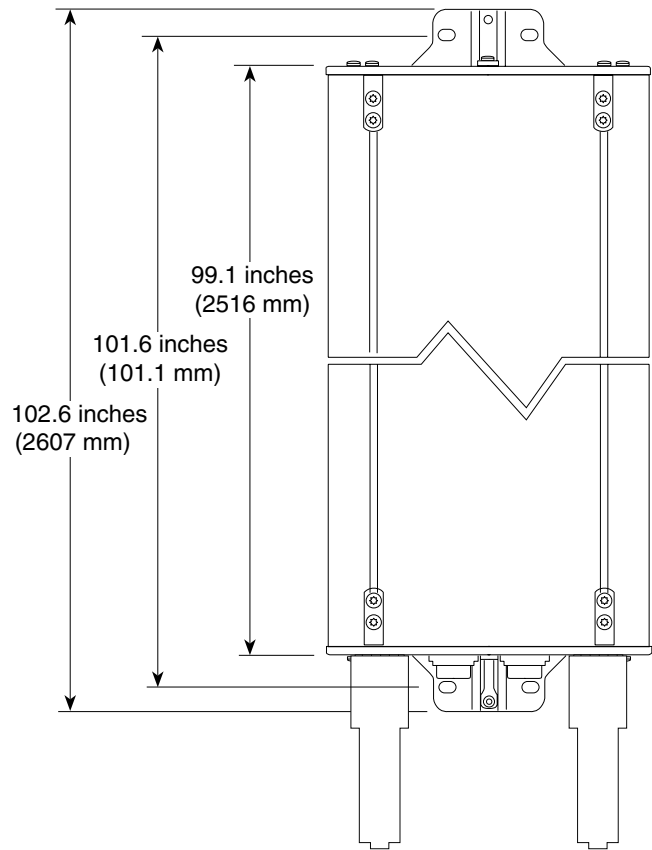
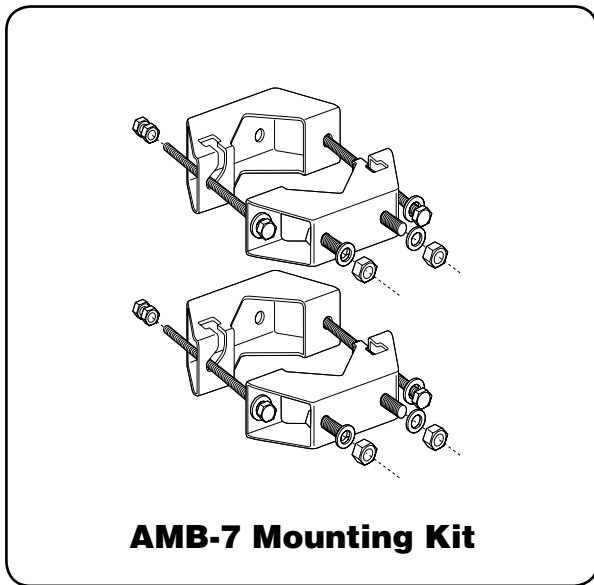


- Material:** Base: Aluminum.
Protective housing: High impact polystyrol, colour: White.
Additional painting is possible.
- Mounting:** Three holes in the base enable a mounting on the ceiling. Two types of screws are supplied. For the N connector a hole in the ceiling with a diameter of 35 mm is required.
- Grounding:** All metal parts including the inner conductor are DC grounded.
- Available accessories:** Broadband power splitters and tappers (800 – 2500 MHz).



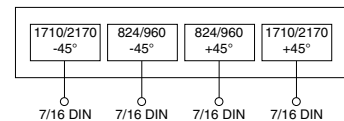
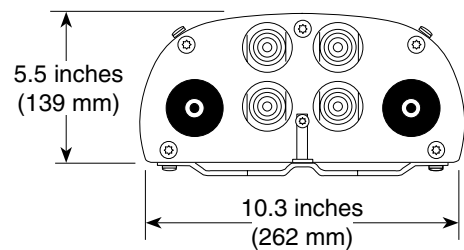
Clip the protective housing into position after the antenna has been mounted with the help of the three supplied screws.

936.2292/a Subject to alteration.



Mounting Options:

Model	Description
AMB-7 (shown)	Mounting Kit for 2 to 4.6 inch (50 to 115 mm) OD mast.
ASB-3	Three-panel Sector Mounting Kit (120 deg. ea.) for 4.5 inch (114.3 mm mm) OD steel mast.
850-10007	Tilt Mount Kit 0–8 degrees downtilt angle.



Order Information:

Model	Description
AP16/18-880/1940/065D/ADT/XXP 742-266	Antenna with 7/16 DIN connectors

All specifications are subject to change without notice

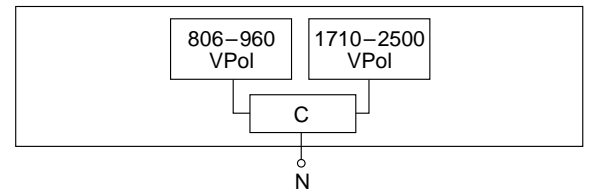
Indoor Multi-band Direct. Antenna Vertical Polarization Half-power Beam Width Integrated Combiner

806–960	1710–2500
V	V
90°	90°
C	

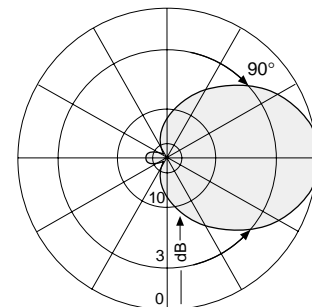
KATHREIN
Antennen · Electronic

VVPol Indoor 806–960/1710–2500 90° 7dBi

Type No.	800 10248
Frequency range	806 – 960 MHz / 1710 – 2500 MHz
Polarization	Vertical
Gain	≈ 7 dBi
Half-power beam width	Horizontal: ≈ 90°
Impedance	50 Ω
VSWR	806 – 960 MHz: < 2.0 1710 – 2200 MHz: < 2.0 2200 – 2400 MHz: < 2.5 2400 – 2500 MHz: < 2.0
Max. power	50 W (at 50 °C ambient temperature)
Input	Cable RG 223/CU of 1m length, white, with N female connector
Protection class	IP 30
Weight	500 g
Packing size	363 x 152 x 62 mm
Height/width/depth	231 / 140 / 50 mm

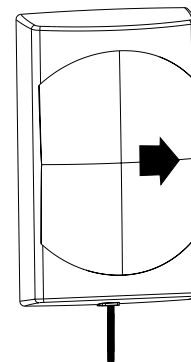
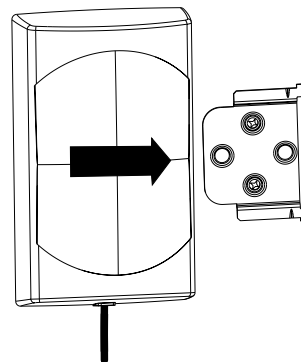
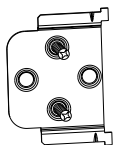


- Material:** Reflector: Aluminum.
Radome: High impact polystyrol, colour: White.
Additional painting is possible.
Mounting plates: Stainless steel.
- Mounting:** Two holes of 6 mm diameter in the mounting plate. Screws are not supplied.
Avoid to stress the cable.
- Grounding:** All metal parts inclusive the inner conductor are DC grounded.
- Available accessories:** Broadband power splitters and tappers (800 – 2500 MHz).



Horizontal Pattern

Mounting:



Mount the attachment plate to the wall using two screws of 4 mm diameter in the position as indicated.

Align the antenna over the attachment plate.

Pull the antenna to the stop.

936.2525 Subject to alteration.

Kathrein's BDM5/6-890/1940 antennas have a compact rugged design intended for use in outdoor and indoor applications where a bidirectional radiation pattern is required.

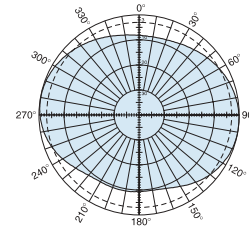
- Protected from the elements by an attractive low-visibility radome, ensuring proper operation in icing conditions and resistance to corrosion.
- All metal components are DC grounded. The antennas include mounting tabs for attachment to a wall or other flat vertical surface and hardware is included for mast installation.

Specifications:

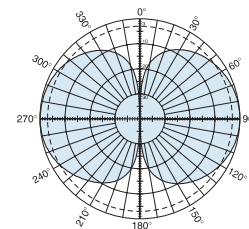
Frequency range	824–960 MHz 1710–2170 MHz
Gain	824–960 MHz 5 dBi 1710–1880 MHz 5.5 dBi 1880–2170 MHz 6.5 dBi
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1
Polarization	Vertical
Maximum input power	200 watts (at 50°C)
Connector	N or 7/16 DIN female
Weight	1.8 lb (.8 kg)
Dimensions	15.7 x 7.5 x 3 inches (400 x 190 x 76 mm)
Equivalent flat plate area	0.63 ft ² (0.058 m ²)
Wind survival rating	120 mph (200 kph)
Shipping dimensions	15 x 15 x 3 inches (381 x 381 x 76 mm)
Shipping weight	2.6 lb (1.2 kg)
Mounting	Wall mounted or to masts of 1.1 to 2.5 inch (28 to 64 mm) OD.

See reverse for order information.

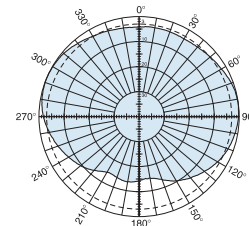
* Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in EIA-222-F (June 1996) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.



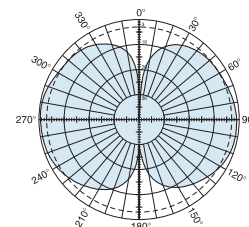
H-plane 824-960 MHz
Horizontal pattern – V-polarization



E-plane 824-960 MHz
Vertical pattern – V-polarization



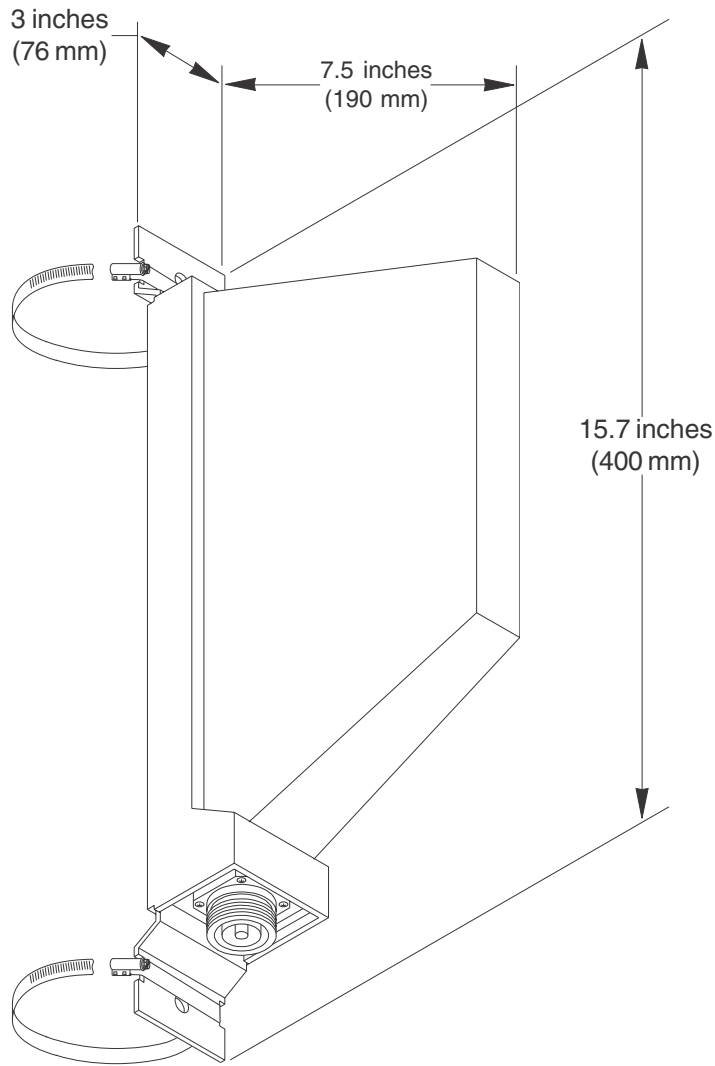
H-plane 1710-2170 MHz
Horizontal pattern – V-polarization



E-plane 1710-2170 MHz
Vertical pattern – V-polarization



10700-A

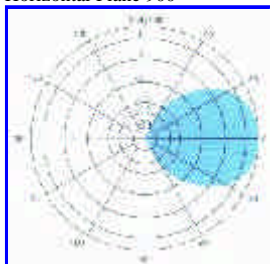


Order Information:

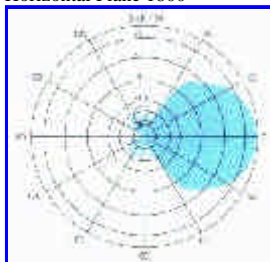
Model	Description
BDM5/6-890/1940N 738-446	Antenna with N connector
BDM5/6-890/1940D 738-445	Antenna with 7/16 DIN connector

All specifications are subject to change without notice

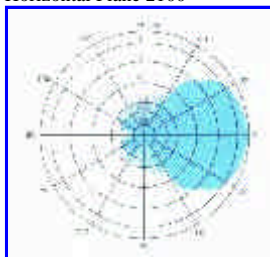
Horizontal Plane 900



Horizontal Plane 1800



Horizontal Plane 2100



BROADBAND LOG PERIODIC ANTENNA

A Broadband Antenna covering CDMA up to UMTS. Its log periodic design gives consistent performance and clean radiation patterns across all bands.

7478000



Type	7478
Product Code	7 478 000
Frequency (MHz)	806 - 2200
Gains (dBi)	11 to 12
Maximum Power (Watts)	150
Polarisation	Linear, Vertical
VSWR	<1.5 : 1 Full band
Horizontal Beamwidths (-3 dB)	51°
Front to back Ratio (dB)	20 maxi, 26 dB Typical
Vertical Beamwidths (-3 dB)	41°
Termination	N type socket on the rear of the mounting tube
Brackets	Various options available
Dimensions mm	Length 1283 Ø 185
Weight (kg)	7
Windloading @45m/s (N)	260
Packing Details	Carton, 140 x 22 x 22 cm, 9 kg

England : Rutherford Drive - Park Farm South - Wellingborough - Northamptonshire NN8 6AX -
 Tel : + 44 (0)1933 40 84 08 - Fax : + 44 (0) 1933 40 84 04
France : ZI La Boitardière, Chemin du Roy, 37400 Amboise,
 Tel : +33 2 47 30 69 70, Fax : +33 2 47 57 35 06

ANEXO D. CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS PASIVOS

Technical Datasheet

HYBRID COUPLER

FOR 700 - 960/2700 MHZ, 1700 – 2200 MHZ

The Hybrid Couplers have been designed to meet the special needs of the wireless market. They are most commonly used to combine two wireless bands to a single antenna feed or distribution cable. This requires the termination of one output and results in a 3 dB loss in each band. In in-building applications where two similar feeds may be required, both outputs may be used eliminating the need for a termination and the 3 dB loss.



Features

- For single- and multi-band applications
- High isolation, low VSWR
- 200 W and 120 W average RF power handling
- Low passive intermodulation (PIM)
- Available with N or DIN 7/16 RF connectors
- Connectors silver plate finished to QQ-S-365, CL 1A for maximum electrical continuity
- Moisture sealed for outdoor applications
- Convenient connector spacing

Technical Specification

Frequency range	MHz	700 - 2700	700 - 960	1700 - 2200
Impedance (nominal)	Ω	50		
VSWR		<1.20:1	<1.10:1	<1.20:1
Input isolation	dB	>30	>35	>30
Coupling (nominal)	dB	3.0	3.0	3.0
Dissipative loss	dB	<0.2		
RF power handling:	average	W	120	200
	peak	kW	1.5	3.0
Passive intermodulation (PIM)	dBc	<-140 @ 2x+43dBm		
Temperature	$^{\circ}\text{C}$	-35 to +65		
Connectors		N or DIN 7/16 female		
Dimensions (W x H x D, with N connectors)	mm	132 x 82 x 25	84 x 90 x 25	84 x 90 x 25
	inch	5.2 x 3.23 x 0.98	3.3 x 3.5 x 0.98	3.3 x 3.5 x 0.98
Weight	with N conn.	kg	0.63	0.42
	with 7-16 conn.	kg	0.70	0.42
Protection		IP 65		

Ordering Information

Description	Article Number
Hybrid Coupler, 700 – 2700 MHz, N	24 012 369
Hybrid Coupler, 700 – 2700 MHz, 7-16	24 012 370
Hybrid Coupler, 700 – 960 MHz, N	24 012 371
Hybrid Coupler, 700 – 960 MHz, 7-16	24 012 372
Hybrid Coupler, 1700 – 2200 MHz, N	24 012 373
Hybrid Coupler, 1700 – 2200 MHz, 7-16	24 012 374

www.adcocom.com

AdCoCom GmbH
 TecCenter
 D-31162 Bad Salzdetfurth
 Germany

Phone +49(0)5063 907 100
 Fax +49(0)5063 907 101
www.adcocom.com
info@adcocom.com

44.2003_1b/06.04/e

© AdCoCom GmbH

Waiver: While the information contained in this datasheet has been carefully compiled to the best of our present knowledge, it is not intended as representation or warranty of any kind on our part regarding the suitability of the products concerned for any particular use or purpose and neither shall any statement contained herein be construed as a recommendation to infringe any industrial property rights or as a license to use any such rights. The suitability of each product for any particular purpose must be checked beforehand with our specialists.

PD(x)-HLN Series RF POWER DIVIDERS 800–2000 MHz

Kathrein Scala Division RF power dividers are designed for use in a number of professional applications including multi-element antenna arrays and radiating cable systems and other cases where efficient broadband power splitting is required. These dividers feature low insertion loss and excellent impedance match. Careful and conservative mechanical designs assure a long service life with high reliability and stability in even the most difficult environmental conditions.

There are three series of standard broadband models for the 790–960 MHz band as well as two series for the 800–2000 MHz band. The Kathrein Scala Division PDL-series is designed for 100 watts of input power while the PD(x)-FMN and PD(x)-FHD series are designed for more critical applications requiring lower insertion loss, improved VSWR, and different power specifications.

A number of options are available to facilitate system design, such as high power input ratings, alternate connector choices, built-in impedance transformation and special mounting arrangements. In addition to the standard equal-split models listed here we can supply power dividers with almost any unequal split ratios that might be required. You are welcome to contact Kathrein Scala Division sales engineering for information and assistance.

Kathrein Scala Division has provided several thousand of these rugged and reliable RF power dividers for communications and broadcasting systems over the past 40 years and we welcome the opportunity to help you find the best and most cost-effective solutions for your system requirements.

For outdoor and indoor applications.



Specifications:	PD2-HLN	PD3-HLN	PD4-HLN
Frequency range	800–2000 MHz	800–2000 MHz	800–2000 MHz
Impedance	50 ohms	50 ohms	50 ohms
Insertion loss	<0.05 dB	<0.05 dB	<0.05 dB
Split	50%/50%	33.3%/33.3%/33.3%	25%/25%/25%/25%
VSWR	<1.15:1	<1.15:1	<1.15:1
Maximum input power	200 watts	200 watts	200 watts
Connector	N female	N female	N female
Weight	2.7 lb (1.2 kg)	2.7 lb (1.2 kg)	2.7 lb (1.2 kg)
Dimensions*	11.2 x 1.6 x 1.6 inches (285 x 40 x 40 mm)	11.2 x 1.6 x 1.6 inches (285 x 40 x 40 mm)	11.2 x 1.6 x 1.6 inches (285 x 40 x 40 mm)
Shipping dimensions	12.2 x 4.5 x 3.5 inches (310 x 115 x 90 mm)	12.2 x 4.5 x 3.5 inches (310 x 115 x 90 mm)	12.2 x 4.5 x 3.5 inches (310 x 115 x 90 mm)
Shipping weight	4.5 lb (2 kg)	4.5 lb (2 kg)	4.5 lb (2 kg)
Mounting	Included for masts of 1.2 to 5.3 inch (30 to 135 mm) OD.		

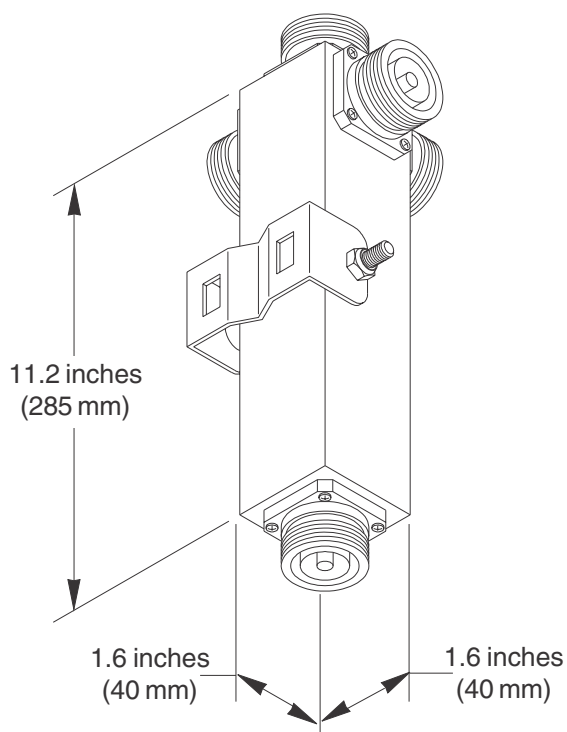
* Excludes connectors and bracket.



10089-E

PD(x)-HLN Series
RF POWER DIVIDERS
800–2000 MHz

For outdoor and indoor applications.



Note: Dimensions shown do not include connectors.

Order Information:

Model	Description
PD2-HLN	RF power divider for outdoor & indoor use
PD3-HLN	RF power divider for outdoor & indoor use
PD4-HLN	RF power divider for outdoor & indoor use

All specifications are subject to change without notice

Online RF/Microwave Product Catalog

Signal Processing Components & Sub-Systems

Search Results For:

[Click To Print](#)

Directional Couplers: Rx Directional for Telecom

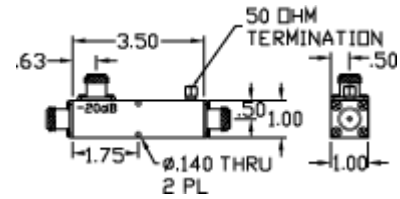
Features:

- Telecom Dual Band Coverage
- Low Insertion Loss
- Robust Packaging

Description:

This series of directional couplers is manufactured for use in wireless infrastructure applications where optimal electrical performance is provided in robust package designs suitable to cell site receiver environments.

Particular attention is paid to intermodulation characteristics, insertion loss and power handling capabilities. Dual band units are available to facilitate co-location of multiple carrier protocols. Standard units offered with SMA connectors on all ports. Connector options available upon request.



MODEL NO	FREQ RANGE		NOMINAL COUPLING ±.5 (dB)	COUPLING VARIATION (±dB)	DIRECTIVITY (dB MIN)	VSWR MAIN	VSWR SEC	INSERTION LOSS(1) (dB MAX)	INPUT POWER
DCS6089C	800-980	MHz	6	0.5	25	1.15:1	1.15:1	0.2	50
DCS1089C	800-980	MHz	10	0.5	25	1.15:1	1.15:1	0.2	50
DCS2089C	800-980	MHz	20	0.5	25	1.15:1	1.15:1	0.2	50
DCS3089C	800-980	MHz	30	0.5	25	1.15:1	1.15:1	0.2	50
DCS6196C	1700-2200	MHz	6	0.5	23	1.20:1	1.20:1	0.2	50
DCS1196C	1700-2200	MHz	10	0.5	23	1.20:1	1.20:1	0.2	50
DCS2196C	1700-2200	MHz	20	0.5	23	1.20:1	1.20:1	0.2	50
DCS3196C	1700-2200	MHz	30	0.5	23	1.20:1	1.20:1	0.2	50
DCS6022C	800-2200	MHz	6	0.5	20	1.25:1	1.25:1	0.4	50
DCS1022C	800-2200	MHz	10	0.5	20	1.25:1	1.25:1	0.4	50
DCS2022C	800-2200	MHz	20	0.5	20	1.30:1	1.30:1	0.4	50
DCS3022C	800-2200	MHz	30	0.5	20	1.30:1	1.30:1	0.4	50

Finish: Golden Iridite (optional paint available upon request)

Marking: All units supplied with P/N and date code on paper label (special marking available upon request)

Electrical Test: All units tested on a Go/No-go basis (plotted data available upon request) Specifications indicated are subject to change.

Dimensions: All dimensions are expressed in inches, (1 inch = 25.4mm). All dimensions indicated are subject to change so please see our WEB site for latest available outline.

Temperature: Units designed to operate -55° to +85° C

[Search Again](#)
[Click To Print](#)

©2003 - 2005 Technical Research and Manufacturing, Inc.

280 South River Road, Bedford, NH 03110
 Phone: (603) 627-6000 • Fax: (603) 627-6025
sales@technicalresearch.com

Low-loss Power Tappers – Multi-band 800 – 2200 MHz Indoor use

2-way-Tapper 800–2200 7.0 /1.0dB
2-way-Tapper 800–2200 10.4/0.4dB
2-way-Tapper 800–2200 15.1/0.1dB

Type No.	K 63 23 60 61	K 63 23 61 01	K 63 23 61 51
Tap Loss			
Input ↔ P ₁	- 1.0 dB	- 0.4 dB	- 0.1 dB
Input ↔ P ₂	- 7.0 dB	- 10.4 dB	- 15.1 dB
Connector	N female		
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)		
For connecting ... antennas	2		
Frequency range	800 – 2200 MHz		
VSWR	< 1.5		
Impedance	50 Ω		
Insertion loss	< 0.05 dB		
Weight	appr. 0.5 kg		
Profile cross-section	25 x 25 mm		
Packing size	267 x 95 x 111 mm		
Max. size	244 / 64 / 25 mm		

Material: Housing: Aluminum.
Inner conductor: Brass.

DC capability: DC transmission only between input and port P₁.
P₂ is coupled capacitively.



Dual-Band Combiner

KATHREIN

Antennen · Electronic

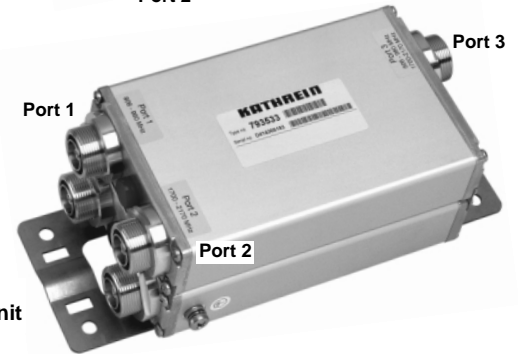
806 – 960 MHz
CDMA 800 / GSM 900

1710 – 2170 MHz
GSM 1800 / UMTS

- Designed for co-siting purposes
- Enables feeder sharing
- Can be used as a combiner near the BTS or in a reciprocal function near the antenna
- Suitable for indoor or outdoor applications
- Wall or mast mounting
- Available as a single unit, or for XPol antennas as a double unit
- DC stop available as an accessory



793 532
Single Unit



793 533
Double Unit

Technical Data

Type No.	793 532 Single Unit	793 533 Double Unit
Pass band	806 – 960 MHz 1710 – 2170 MHz	
Insertion loss	Typically 0.15 dB (806 – 960 MHz) Typically 0.25 dB (1710 – 2000 MHz) Typically 0.35 dB (2000 – 2170 MHz)	
Isolation	> 45 dB (806 – 824 MHz) > 50 dB (824 – 960 MHz) > 50 dB (1710 – 2170 MHz)	
VSWR	< 1.2 (806 – 960 / 1710 – 2170 MHz)	
Impedance	50 Ω	
Input power	< 250 W < 200 W	
Intermodulation products	< -160 dBc (2nd/3rd order; with 2 x 20 W)	
Temperature range	-55 ... +60 °C	
Connectors	7-16 female	
Application	Indoor or outdoor (IP 66)	
Special features	DC by-pass between all ports (max. 2500 mA)	
Mounting	Wall mounting: With 4 screws (max. 8 mm diameter) Mast mounting: With additional clamp set (order separately – see list of accessories on page 2)	
Accessories	DC stop 793 301	
Weight	1.5 kg	2.9 kg
Packing size	Approx. 335 x 180 x 150 mm	Approx. 335 x 180 x 200 mm
Dimensions (w x h x d)	125 x 282 x 53.3 mm (incl. mounting brackets)	125 x 282 x 97.7 mm (incl. mounting brackets)

Typical Attenuation Curves

Diagram I

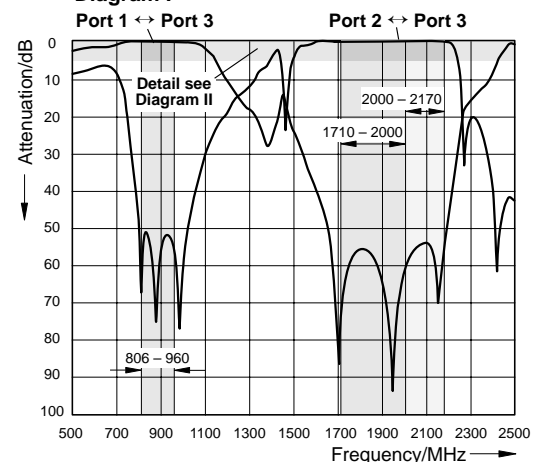
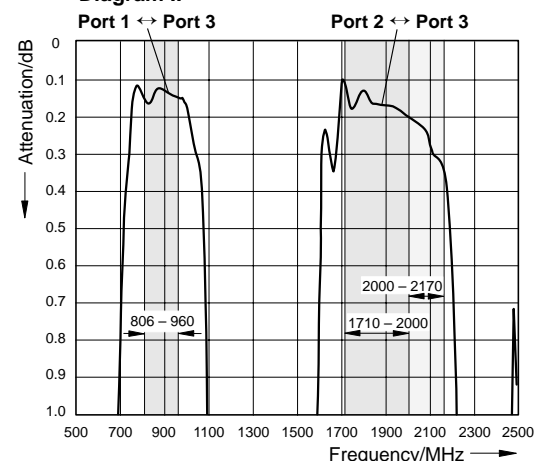


Diagram II



936.2137 Subject to alteration.

Dual-Band Combiner

KATHREIN

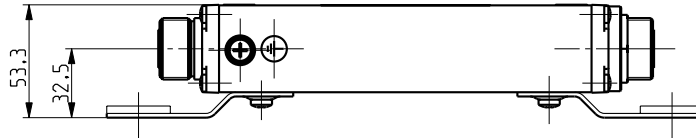
Antennen · Electronic

806 – 960 MHz
CDMA 800 / GSM 900

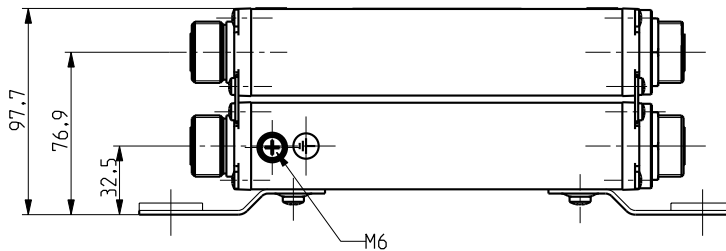
1710 – 2170 MHz
GSM 1800 / UMTS

Accessories (order separately)

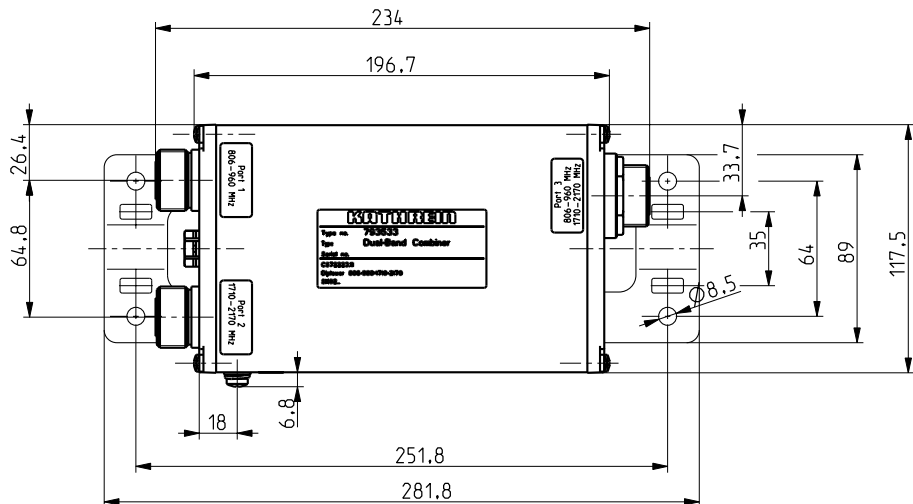
Type No.	Clamp set suitable for mast diameter of
734 360	34 – 60 mm
734 361	60 – 80 mm
734 362	80 – 100 mm
734 363	100 – 120 mm
734 364	120 – 140 mm
734 365	45 – 125 mm



Side view
793 532 Single Unit



Side view
793 533 Double Unit



Top view
793 532 Single Unit, 793 533 Double Unit

Please note:

IP66 protection will be lost, and all corresponding guarantees will become null and void, if mounting brackets are removed or tampered with. Upgrading from existing single units to double units is possible, but can only be carried out at Kathrein due to IP66 considerations.

As a result of more stringent legal regulations and judgements regarding product liability, we are obliged to point out certain risks that may arise when products are used under extraordinary operating conditions.

Extraordinary operating conditions, such as heavy icing or exceptional dynamic stress (e.g. strain caused by oscillating support structures), may result in the breakage of a mast mounted device or even cause it to fall to the ground.

These facts must be considered during the site planning process.

The installation team must be properly qualified and also be familiar with the relevant national safety regulations.

The details given in our data sheets have to be followed carefully when installing the antennas, filters, combiners, amplifiers and accessories.

The limits for the coupling torque of RF connectors, recommended by the connector manufacturers must be obeyed.

Any previous datasheet issues have now become invalid.



Triple-Band Combiner

KATHREIN

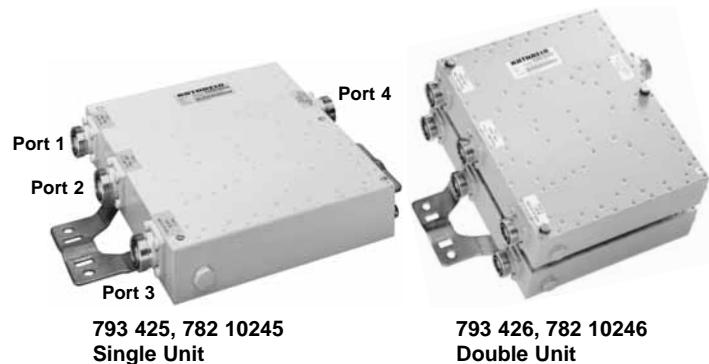
Antennen · Electronic

880 – 960 MHz
GSM 900

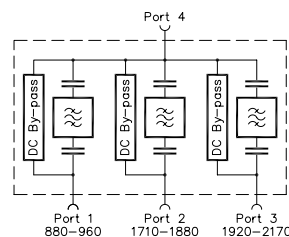
1710 – 1880 MHz
GSM 1800

1920 – 2170 MHz
UMTS

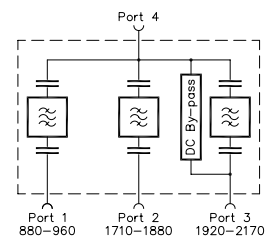
- Designed for co-siting purposes
- Enables feeder sharing
- Can be used as a combiner near the BTS or in a reciprocal function near the antenna
- Suitable for indoor or outdoor applications
- Wall or mast mounting
- Available as a single unit, or for XPol antennas as a double unit
- Built-in lightning protection



- **793 425:** Single unit, DC by-pass between all ports
External DC Stop available as an accessory
- **793 426:** Double unit, DC by-pass between all ports
External DC Stop available as an accessory
- **782 10245:** Single unit, DC by-pass between ports 3 and 4
Built-in DC Stop between ports 1 and 4, ports 2 and 4
- **782 10246:** Double unit, DC by-pass between ports 3 and 4
Built-in DC Stop between ports 1 and 4, ports 2 and 4



Single Unit 793 425
Double Unit 793 426
(only 1 unit shown)



Single Unit 782 10245
Double Unit 782 10246
(only 1 unit shown)

Technical Data

Type No.	793 425 Single Unit	793 426 Double Unit	782 10245 Single Unit	782 10246 Double Unit
Pass band Band 1 (GSM 900) Band 2 (GSM 1800) Band 3 (UMTS)		880 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1920 – 2170 MHz		
Insertion loss Port 1 ↔ Port 4 Port 2 ↔ Port 4 Port 3 ↔ Port 4		< 0.2 dB (880 – 960 MHz) < 0.3 dB (1710 – 1880 MHz) < 0.3 dB (1920 – 2170 MHz)		
Isolation Port 1 ↔ Port 2 Port 1 ↔ Port 3 Port 2 ↔ Port 3		> 50 dB (880 – 960 / 1710 – 1880 MHz) > 50 dB (880 – 960 / 1920 – 2170 MHz) > 50 dB (1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)		
VSWR		< 1.2 (880 – 960 / 1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)		
Impedance		50 Ω		
Input power Band 1 Band 2 Band 3		< 240 W < 240 W < 60 W		
Intermodulation products		< -160 dBc (3rd order; with 2 x 20 W)		
Temperature range		-40 ... +60 °C		
Connectors		7-16 female		
Application		Indoor or outdoor (IP 66)		
Special features		External DC stop available as an accessory DC by-pass between all ports (max. 2500 mA)	Built-in DC stop between ports 1 and 4, ports 2 and 4 DC by-pass between ports 3 and 4 (max. 2500 mA)	
Mounting		Wall mounting: With 4 screws (max. 8 mm diameter) Mast mounting: With additional clamp set		
Weight	4.7 kg	9.4 kg	4.7 kg	9.4 kg
Packing size	363 x 304 x 145 mm	363 x 304 x 198 mm	363 x 304 x 145 mm	363 x 304 x 198 mm
Dimensions (w x h x d)	251 x 318 x 60 mm	251 x 318 x 127 mm (including mounting brackets)	251 x 318 x 60 mm	251 x 318 x 127 mm

Triple-Band Combiner

KATHREIN

Antennen · Electronic

880 – 960 MHz
GSM 900

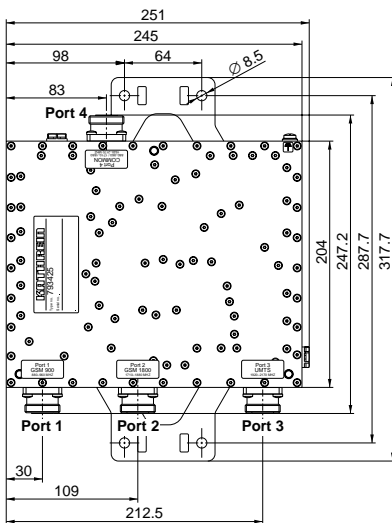
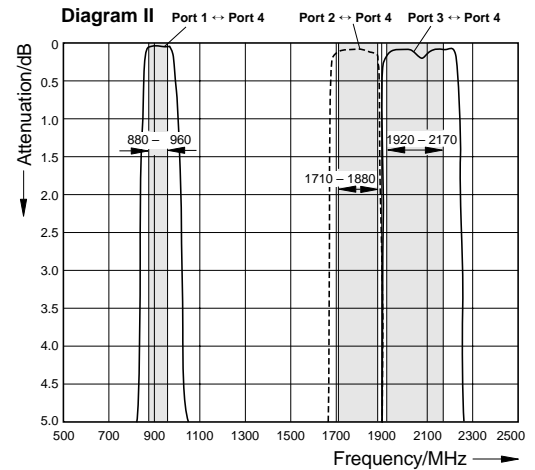
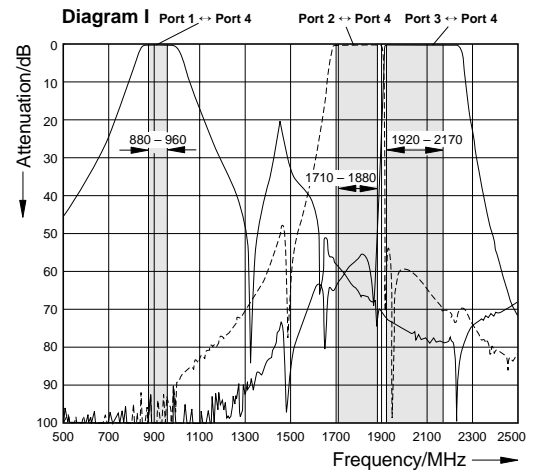
1710 – 1880 MHz
GSM 1800

1920 – 2170 MHz
UMTS

Accessories (order separately)

Type No.	Clamp set suitable for mast diameter of
734 360	34 – 60 mm
734 361	60 – 80 mm
734 362	80 – 100 mm
734 363	100 – 120 mm
734 364	120 – 140 mm
734 365	45 – 125 mm
Type No.	Description
793 301	DC Stop

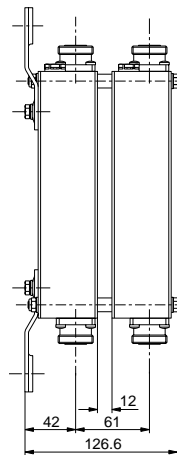
Typical Attenuation Curves



Top view
793 425, 782 10245 Single Unit
793 426, 782 10246 Double Unit



Side view
793 425, 782 10245
Single Unit



Side view
793 426, 782 10246
Double Unit

Triple-Band Combiner

KATHREIN

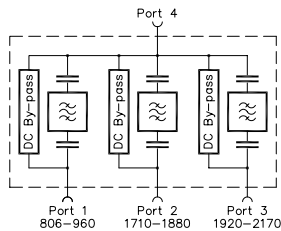
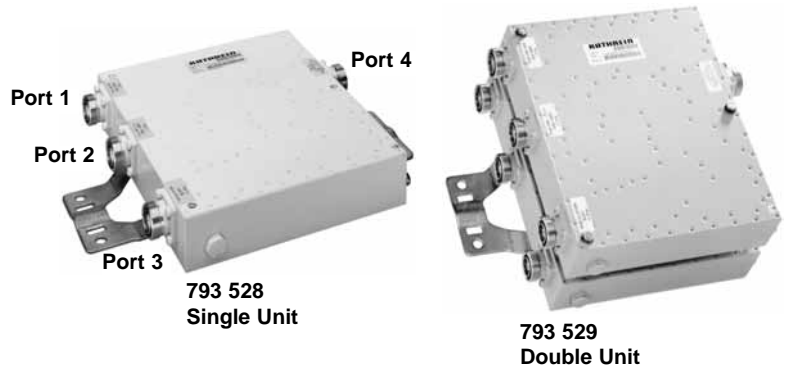
Antennen · Electronic

806 – 960 MHz
CDMA 800 / GSM 900

1710 – 1880 MHz
GSM 1800

1920 – 2170 MHz
UMTS

- Designed for co-siting purposes
- Enables feeder sharing
- Can be used as a combiner near the BTS or in reciprocal function near the antenna
- Suitable for indoor or outdoor applications
- Wall or mast mounting
- Available as a single unit, or for XPol antennas as a double unit
- Built-in lightning protection
- DC by-pass between all ports
- DC stop available as an accessory

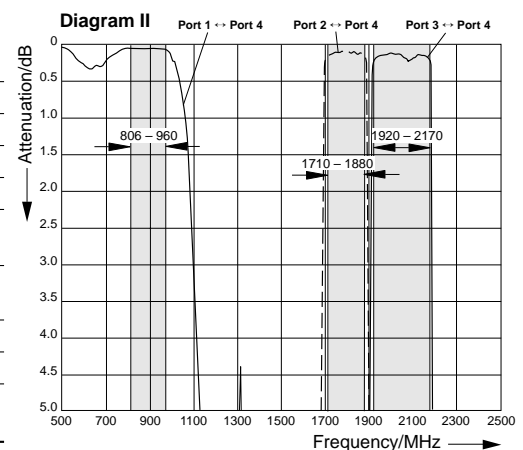
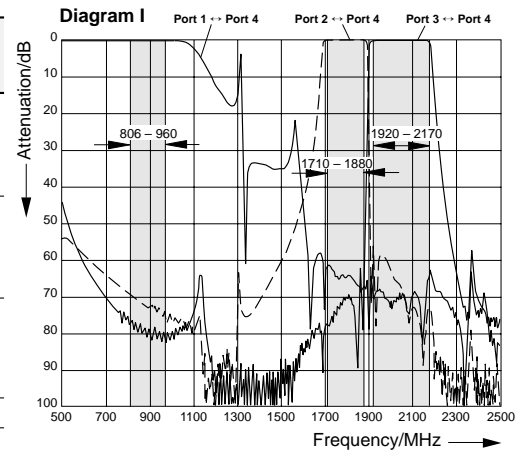


Single Unit 793 528
Double Unit 793 529
(only 1 unit shown)

Technical Data

Type No.	793 528 Single Unit	793 529 Double Unit
Pass band		
Band 1 (CDMA 800 / GSM 900)	806 – 960 MHz	
Band 2 (GSM 1800)	1710 – 1880 MHz	
Band 3 (UMTS)	1920 – 2170 MHz	
Insertion loss		
Port 1 ↔ Port 4	< 0.2 dB (806 – 960 MHz)	
Port 2 ↔ Port 4	< 0.3 dB (1710 – 1880 MHz)	
Port 3 ↔ Port 4	< 0.3 dB (1920 – 2170 MHz)	
Isolation		
Port 1 ↔ Port 2	> 50 dB (806 – 960 / 1710 – 1880 MHz)	
Port 1 ↔ Port 3	> 50 dB (806 – 960 / 1920 – 2170 MHz)	
Port 2 ↔ Port 3	> 50 dB (1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)	
VSWR	< 1.2 (806 – 960 / 1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)	
Impedance	50 Ω	
Input power		
Band 1	< 240 W	
Band 2	< 240 W	
Band 3	< 60 W	
Intermodulation products	< -160 dBc (3rd order; with 2 x 20 W)	
Temperature range	-40 ... +60 °C	
Connectors	7-16 female	
Application	Indoor or outdoor (IP 66)	
Special features	DC by-pass between all ports (max. 2500 mA) Built-in lightning protection (3 kW, 10/350 μs pulse)	
Mounting	Wall mounting: With 4 screws (max. 8 mm diameter) Mast mounting: With additional clamp set	
Weight	4.6 kg	9.2 kg
Packing size	362 x 292 x 139 mm	347 x 297 x 174 mm
Dimensions (w x h x d)	245 x 318 x 55 mm	245 x 318 x 110 mm (including mounting brackets)

Typical Attenuation Curves



Triple-Band Combiner

KATHREIN

Antennen · Electronic

806 – 960 MHz
CDMA 800 / GSM 900

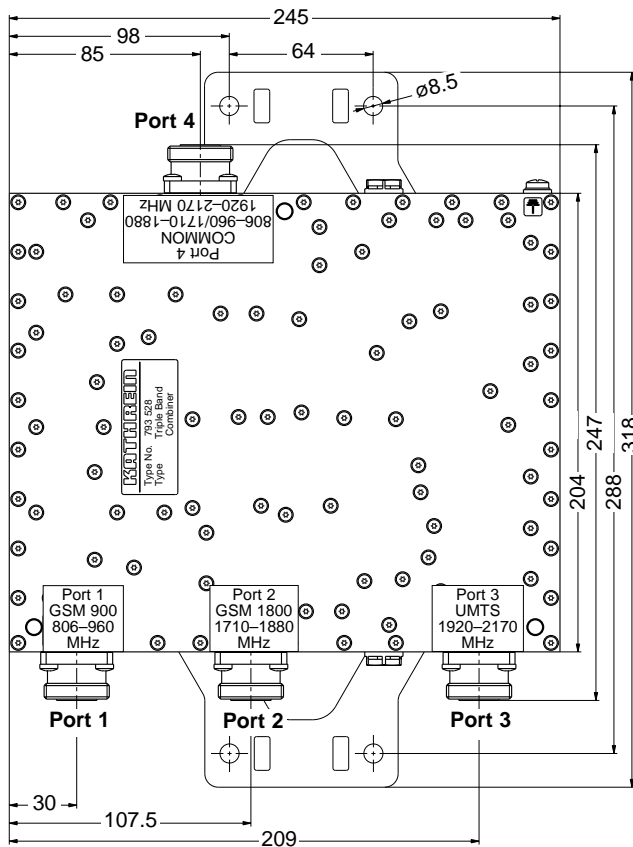
1710 – 1880 MHz
GSM 1800

1920 – 2170 MHz
UMTS

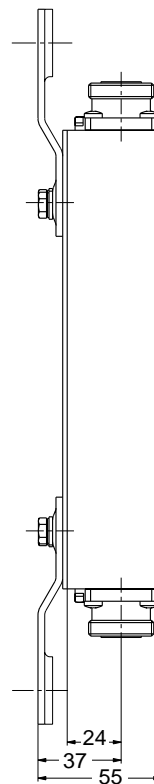
Accessories (order separately)

Type No.	Clamp set suitable for mast diameter of
734 360	34 – 60 mm
734 361	60 – 80 mm
734 362	80 – 100 mm
734 363	100 – 120 mm
734 364	120 – 140 mm
734 365	45 – 125 mm

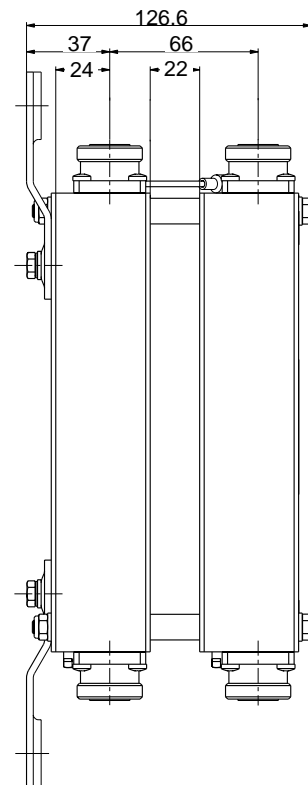
Type No.	Description
793 301	DC Stop



Top view
793 528 Single Unit
793 529 Double Unit



Side view
793 528
Single Unit



Side view
793 529
Double Unit

ANEXO E. CARACTERISTICAS UNIDAD MASTER Y REPETIDORES OPTICOS

Standard Repeater

GSM/EDGE 900 MHz Channel Selective Repeater

Part Number:
AR1700

900 MHz

The Powerwave GSM 900 channel selective standard repeater is a cost effective solution for medium to large coverage applications with high signal quality. It has weather proof IP65 casing class for outdoor use and can be equipped with Powerwave fiber optical distribution system.

The AR1700 is an EDGE compatible repeater and exists in dual band versions like GSM 900/GSM 1800. The single band repeater is upgradeable to a dual band repeater with GSM 900, GSM 1800 and WCDMA, connected to shared antenna systems. For supervision, the remote control with Powerwave O&M software is an option.



900 MHz Channel Selective Repeater

Features/Benefits

- 2, 4, 6 and 8 channel versions
- EDGE compatible
- Remote control for O&M
- Robust outdoor design
- Fiber optic version as option

ANTENNA
SYSTEMS

BASE STATION
SYSTEMS

COVERAGE
SYSTEMS

Standard Repeater

Product Specifications

Technical Specifications

Product number	AR1700	
Electrical data	Frequency range Uplink	890 - 915 MHz / EGSM 880 – 915 MHz
	Frequency range Down link	935 – 960 MHz / EGSM 925 - 960 MHz
	Number of channels	2, 4, 6, 8 ch
	Gain adjustment range (1 dB steps)	55 - 90 dB
	Output power, 2 ch	+33 dBm / carrier (RMS)
	Output power, 4 ch	+30 dBm / carrier (RMS)
	Output power, 6 ch	+27 dBm / carrier (RMS)
	Output power, 8 ch	+27 dBm / carrier (RMS)
	Noise figure, 2 ch	3.5 dB
		4 ch
	6 ch	6 dB
	8 ch	6 dB
Alarm	Fault	LED and by remote control
Power supply options	115/230VAC or 24/48 VDC	
Power consumption	2 channel	120 W
	4 channel	210 W
	6 channel	300 W
	8 channel	390 W

Mechanical data	2 and 4 channel	440 x 530 x 195 mm (17.4 x 20.9 x 7.7 in) < 22.5 kg (50 lbs)
	Size, W x H x D	
	Weight	
	6 and 8 channel	440 x 530 x 195 mm (17.4 x 20.9 x 11 in) < 37 kg (80 lbs)
	Size, W x H x D	
	Weight	
	RF-connectors	N-type female or 7/16
Environmental data	Temperature range	-25 °C to +55 °C
	Casing class	IP 65
Approvals and tests	Safety	EN 60950, ETL
	Environment	ETS 300 019
	EMC	ETS 301 489-1
	Radio	ETS 300 609-4

All specifications are subject to change without notice. Please contact your Powerwave representative for complete performance data.

Corporate Headquarters
Powerwave Technologies, Inc.
1801 East St. Andrew Place
Santa Ana, CA 92705 USA
Tel: 714-466-1000
Fax: 714-466-5800
www.powerwave.com

Dallas Office
1421 S. Bellline Road,
Suite 100
Coppell, TX 75019
Tel: 817-684-4500
Fax: 817-684-3500

Main European Office
Antennvägen 6
SE-187 80 Täby
Sweden
Tel: +46 8 540 822 00
Fax: +46 8 540 823 40

Main Asia-Pacific Office
23 F Tai Yau Building
181 Johnston Road
Wanchai, Hong Kong
Tel: +852 2512 6123
Fax: +852 2575 4860



©Copyright April 2005, Powerwave Technologies, Inc. All Rights reserved. Powerwave, Powerwave Technologies, The Power in Wireless and the Powerwave logo are registered trademarks of Powerwave Technologies, Inc.

COVERAGE AND CAPACITY

TECHNOLOGY LEADERSHIP

GLOBAL PARTNER

INTEGRATED SOLUTIONS

QUALITY AND RELIABILITY



900 MHz

Utfärdare/Issued by	Datum/Date	Godkänd/Approved	Dok nr/Doc no	Rev	Sida/Page
Product Management	2006-01-05	SYKLIK	AR1717/908-201	D	1
Dok namn/Doc name			Fil/file		
PRODUCT SPECIFICATION			AR1717_908_D.doc		

Specification of a EGSM 900 channel selective repeater
8-channel version (EDGE compatible)
Product Number: AR1717/908

Electrical specification (typical values)

The repeater complies with the requirements of 3GPP TS45.005

Frequency band Up link	880 – 915	MHz
Frequency band Down link	925 – 960	MHz
Number of channels	8	
Duplex spacing	45	MHz
Absolute group delay	<6	µs
Gain adjustment range (1 dB steps)	55-90	dB
Gain variation, –25 to +55 °C, max	4	dB
Antenna isolation supervision	Continuously	
Modulation accuracy at 8-PSK modulation (EVM)	<8	%
Output power per channel (RMS)	+26	dBm
Automatic gain control	Implemented	
Spurious and Intermodulation	< -36	dBm
Pass band ripple within 200 KHz BW	1	dB
Gain variation at 80 dB gain, over freq. band	3	dB
Noise figure at 85 dB gain, 25° C	4	dB
Maximum input power (non-destructive)	+13	dBm
Receiver input port return loss	>14	dB
Power supply voltage (default)	230	V AC
Power consumption, max	390	W

Environmental specification

Temperature range	-25 to + 55	°C
	-13 to +131	°F
Casing class	IP65	

Mechanical specification

Dimensions. (W x H x D)	17.4 x 20.9 x 11	Inches
	440 x 530 x 280	mm
Mechanical outline	See Standard High	
Weight	82	lbs
	37	Kg
RF connectors	N-type female	

ANEXO F. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS GSM/DCS/UMTS

SISTEMA DISTRIBUIDO NODO B HUAWEI DBS3800

ESQUEMA SISTEMA DISTRIBUIDO NODO B HUAWEI DBS3800

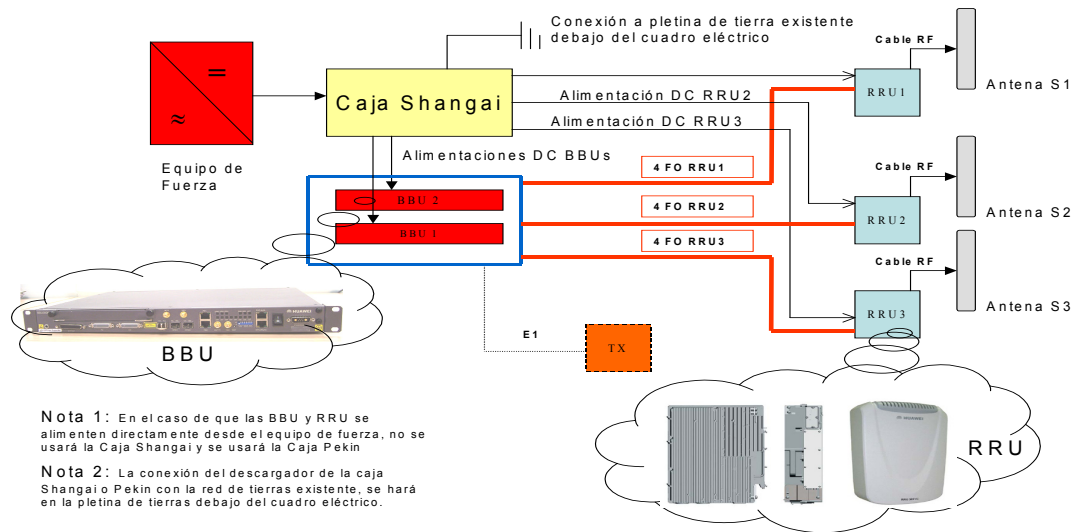


Fig. F.1: NodoB de Huawei

- BBU 3806

Es la unidad que realiza el procesado en banda base del nodo B, dejando la parte de RF a la RRU. La BBU gestiona y controla hasta 3 RRUs mediante fibra y por medio del equipo de transmisión se conecta a la RNC que gestiona dicho Nodo B. La BBU dispone de 2 versiones de alimentación: una a -48Vdc y otra a +24 Vdc.

Siempre que la BBU se instale en el interior de la caseta o habitación reformada, se considerará instalación indoor y en el resto de los será considerará como instalación outdoor.

Todos los emplazamientos irán equipados siempre con 2 BBU s. La instalación de las BBU s será de forma contigua. Denominaremos BBU 1 (maestro) a la que se encuentre instalada en la parte inferior y BBU 2 (esclavo) a la instalada en la parte superior.

Las conexiones necesarias para cada BBU son:

- Alimentación a -48Vdc desde un disyuntor de 6 A.
- Conexión a tierra.
- Conexión por FO con las RRUs.
- Conexión E1 a los enlaces de Transmisión hacia la RNC (hasta 8 E1s).
- Cada BBU 3806 ocupa una U de altura en un rack de 19"



Fig F.2: BBU 3806

- RRU 3801C

Como norma general se instalarán lo más próximo a las antenas de radio y aprovechando los elementos estructurales existentes en los emplazamientos, siempre que sea posible.

La RRU es la unidad exterior responsable de la parte de radiofrecuencia, que se conecta a las antenas mediante cable RF. Las RRU son de 40 W, con dos versiones de alimentación tanto a -48V DC como 230 V AC.

Difference between the 20W RRU and 40W RRU	40W RRU
Power efficiency	33%
Output power on top of the cabinet	40W
Size without cover(mm)	480(H) x 365(W) x 145(D)
Size with cover	610(H) x 380(W) x 200(D)
Weight without cover (kg)	20
Power consumption(W)	240
Bias tee integrated within the RRU	Yes

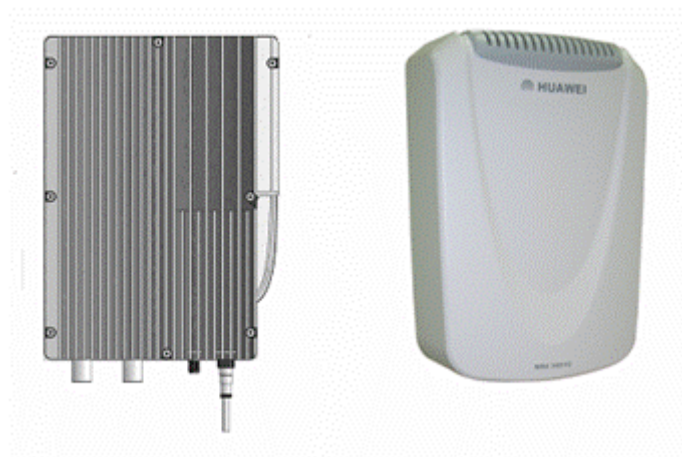


Fig. F.3: RRU 3801C

Las conexiones necesarias para la RRU 3801C son:

- Alimentación en DC desde un disyuntor de 10 A en continua.
- Conexión a tierra.
- Conexión de la FO procedente de las BBUs (una manguera de 4 fibras por cada RRU).
- Conexión con el sistema radiante (directamente a la antena o a un diplexor), mediante cable de RF.

En situaciones excepcionales la RRU se podrá alimentar a 230 V AC mediante un disyuntor de 5 A. En estas situaciones habrá que analizar y tener en cuenta la necesidad de un SAI y la disponibilidad y plazo de entrega de Huawei de las RRU alimentadas en alterna.



RBS 2202

The RBS 2202 is an EDGE/E-GPRS capable indoor RBS supporting up to six transceivers per cabinet. It is possible to build one, two and three sector configurations including dual band configurations in one cabinet.

The RBS 2000 product family for Ericsson's GSM System offers the most advanced technology available. With Ericsson's wide range of RBS 2000 products, the most cost-effective alternative is chosen for each situation, depending on capacity, coverage, space, and environmental requirements.

Fast rollout and expansion

RBS 2000 Macro allows for easy installation with on-site testing and commissioning within one hour. This is accomplished as the RBSs are preassembled, and SW loaded and tested before delivery.

The flexible design of RBS 2000 supports a number of site configurations and expansion paths as the network grows. RBS 2000 is prepared for cost efficient collocating with other RBS through antenna and feeder sharing. RBS 2000 sites are predefined as product packages, which guarantees a fast and cost-effective rollout of typical RBS 2000 configurations.

Superior coverage and capacity

Ericsson provides superior radio performance thanks to the highest output power, combined with high receiver sensitivity for optimum coverage. Better coverage means less RBSs in a given area, and therefore lower investments and faster rollout. Another example of a cost saving feature is 121 km Extended Range.

Depending on the operator's requirements concerning initial cost, coverage and capacity needs now, and in the future, number of antennas, and available footprint, different site types should be chosen. Ericsson RBS 2000 Macro supports three basic solutions: standard range, maximum range and high capacity. Maximum range is accomplished by the use of air combining and a tower mounted amplifier. Standard range and high capacity are accomplished by hybrid and filter combiners.

Except for these basic solutions, smart range and the Ericsson unique software power boost are also available. With smart range, a capacity cell can also provide cost-effective coverage. Software power boost extends the coverage of a cell by combining two transceivers into a virtual one by a simple SW command from the O&M center.

Ericsson's synchronization based BSS features ensure that transceivers from different generations of radio base stations can easily form common cells. Operators can therefore bridge the past with the future. By making existing sites futureproof, investments are protected while migrating to 3G.

Prepared for the future

The RBS 2000 family is prepared for GSM data services, including General Packet Radio Services (GPRS), High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) and 14.4 kbit/s timeslots. RBS 2202 also supports EDGE (E-GPRS) with a new plug-in TRU.

RBS 2000 supports Hierarchical Cell Structures (HCS) with up to three cell layers. With the optional BSS feature RBS 2000 synchronization, it is possible to have up to 32 transceivers in one cell.

To reduce transmission costs, Ericsson's RBS 2000 Macro offers two digital cross-connect solutions: the DXC plug-in unit and the Mini DXC. Both solutions can be fitted in the RBS 2202.

Key features

- Six transceivers
- Superior radio performance
- Prepared for GPS assisted positioning services
- Optionally including built-in transmission equipment
- Supports Adaptive MultiRate
- Supports 32 TRX cell configurations
- Tower mounted amplifiers
- Optional external battery back-up
- Extended Range 121 km
- Supports E-GPRS, GPRS, HSCSD, 14.4 kbit/s data
- Supports extended GSM
- Dual band

Technical Specifications for RBS 2202 Radio Base Station for Ericsson's GSM System

Frequency band:	E-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900
Tx:	925-960, 1805-1880 or 1930-1990 MHz
Rx:	880-915, 1710-1785 or 1850-1910 MHz
Number of transceivers:	1-6
Number of sectors:	1-3
Transmission interface:	1.5 Mbit/s (T1), 2 Mbit/s (E1)
Dimension (H x W x D):	1775 x 600 x 400 mm (69 7/8 x 23 3/8 x 15 3/4 in.)
Weight:	194 kg (427 lbs.)
Power into antenna feeder:	28 W / 44.5 dBm (GSM 900) 22 W / 43.5 dBm (GSM 1800 / GSM 1900)
Receiver sensitivity:	≤ -110 dBm
Power supply:	200-250V AC, 50 / 60 Hz -48 / -60V DC, +24V DC
Battery back-up:	Optional external
Operating temperature:	+5°C - +40°C (+41°F - +104°F)

RBS 2206

The GSM Macro Indoor Base Station

RBS 2206 is a high capacity, small footprint indoor macro base station supporting up to twelve transceivers per cabinet. It is possible to build one, two and three sector configurations including dual band configurations in one cabinet.

Being the latest member in the RBS 2000 family RBS 2206 is to date the most powerful indoor RBS in the world. Keeping the successful characteristics of the existing RBS 2000 portfolio and improving functionality as well as operation and maintenance makes the RBS 2206 the most cost-effective solution for growing GSM operators.

The RBS 2000 family supports a wide range of applications ranging from extreme coverage to extreme capacity. Being a RBS 2000 member guarantees coexistence with the installed base of RBS 200 and RBS 2000 products.

Ericsson's synchronization based BSS features ensure that transceivers from different generations of radio base stations can easily form common cells. Operators can therefore bridge the past with the future. By making existing sites futureproof, investments are protected while migrating to 3G.

Part of the grow-on-site concept

Since it is becoming increasingly difficult to find new base station sites, it is of great interest to remain on the existing sites as long as possible. Site space is often a limiting factor for capacity growth. The powerful RBS 2206, included in Ericsson's grow-on-site toolbox, addresses this problem. On many sites, two or more existing cabinets can be replaced by one RBS 2206, thereby solving the site space problem by making room for another cabinet.

This is of major importance, since it makes it possible to reuse and collocate GSM and WCDMA equipment. The RBS 2206 will pave the way for WCDMA.



Doubled capacity – superior performance – same footprint

The 12-transceiver RBS 2206 cabinet has the same footprint as RBS 2202 but has doubled capacity, thanks to the new double-capacity transceivers and combiners. The double Transceiver Unit, dTRU, has some powerful features. The RBS 2206 has better output power than the current RBS 2000 products, which are the best on the market today. The improved radio performance means increased site-to-site distance, and therefore, fewer sites. Another example of a cost-saving feature is 121 km Extended Range.

The RBS 2206 comes with two new extremely flexible combiners. Examples of configurations supported by the Filter Combiner (CDU-F) are 3x4, 2x6, 1x12 and 8+4 in one cabinet. CDU-F supports up to 12 transceivers on one dual-polarized antenna. The other combiner (CDU-G) can be configured in two modes: capacity mode and coverage mode, making it very flexible. In coverage mode, the output power from the CDU-G is increased, making it perfect for rural sites or when fast rollout is required at a minimum cost.

Prepared for the future

The RBS 2000 family is prepared for GSM data services, including General Packet Radio Service (GPRS), High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) and 14.4 kbit/s timeslots. To meet the operators' need for faster datacom solutions, RBS 2206 supports EDGE.

A powerful Distribution Switch Unit (DXU) and fast internal buses guarantee full EDGE support. With the optional BSS feature RBS 2000 synchronization, it is possible to have up to 32 transceivers in one cell. With the optional BSS feature RBS 200 and RBS 2000 in the same cell, it is possible to expand an existing RBS 200 cell with RBS 2206, and thereby introduce EDGE and 3G capabilities through plug-in units.

Key features

- Six double transceiver units (dTRU); that is, 12 transceivers
- Filter and hybrid combining one, two, or three sectors in one cabinet
- Excellent RF performance
- Synthesized and baseband frequency hopping
- Supports 12 transceiver EDGE on all timeslots
- Supports GSM 800, 900, 1800 and 1900 MHz
- Extended Range 121 km
- Duplexer and TMA support for all configurations
- Four transmission ports supporting up to 8 Mbit/s
- Optional built-in transmission equipment transmission
- Prepared for GPS assisted positioning services

Technical specification for RBS 2206

Frequency band:	GSM 800, E-GSM 900, P-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900
Tx:	869–894, 925–960, 1805–1880, 1930–1990 MHz
Rx:	824–849, 880–915, 1710–1785, 1850–1910 MHz
Number of transceivers (per cabinet):	2–12
Number of sectors:	1–3
Dimension (H x W x D):	1850 x 600 x 400 mm (725/6 x 233/5 x 153/4 in.) including installation frame
Weight:	230 kg (506 lbs.) fully equipped
Power into antenna feeder:	35 W / 45.5 dBm (GSM 800 / GSM 900) 28 W / 44.5 dBm (GSM 1800 / GSM 1900) With TCC activated, add 2.5 dBm to above values
Receiver sensitivity:	-111 dBm (dynamic, without TMA and diversity gain)
Power supply:	120 – 250V AC, 50 / 60 Hz -48 – -72V DC, +20.5 – +29V DC
Battery backup:	Optional external
Operating temperature:	+5°C – +40°C (+41°F – +104°F)

ANEXO G. UNIFILARES ESTACIONES Y NIVELES DE POTENCIA

G.1. Unifilar Av. Hospital

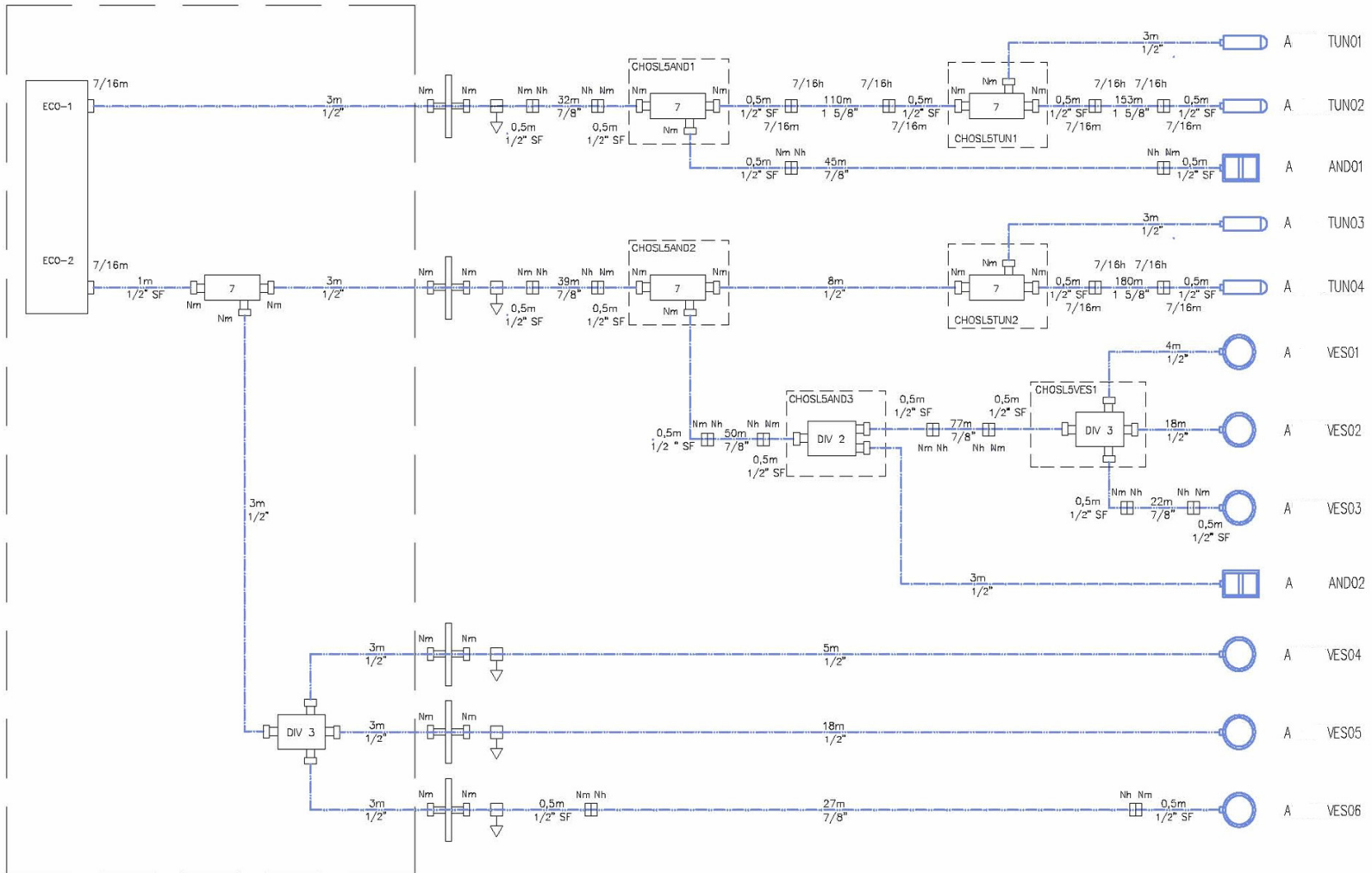


Tabla G.1: Potencias de la estación de Av. Hospital

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
ATUN01	28,4	-69,0	16,0	28,6	-74,8	10,2	28,6	-66,2	18,8
ATUN02	30,3	-69,3	15,7	28,1	-77,5	7,5	28,1	-68,9	16,1
ATUN03	29,5	-69,2	15,8	30,9	-73,8	11,2	30,9	-65,1	19,9
ATUN04	30,7	-68,9	16,1	29,3	-76,3	8,7	29,3	-67,7	17,3
AVES01	4,0	-65,6	19,4	0,8	-74,8	10,2	0,8	-66,2	18,8
AVES02	3,0	-66,6	18,4	-0,8	-76,4	8,6	-0,8	-67,8	17,2
AVES03	2,9	-66,7	18,3	-0,8	-76,4	8,6	-0,8	-67,8	17,2
AVES04	22,9	-46,7	38,3	23,4	-52,2	32,8	23,4	-43,6	41,4
AVES05	21,9	-47,7	37,3	21,9	-53,7	31,3	21,9	-45,1	39,9
AVES06	21,6	-48,0	37,0	21,6	-54,0	31,0	21,6	-45,4	39,6
AAND01	21,7	-65,9	19,1	21,2	-72,4	12,6	22,2	-62,7	22,3
AAND02	16,3	-71,3	13,7	15,3	-78,3	6,7	16,3	-68,6	16,4

G.2. Unifilar Paseo Marítimo

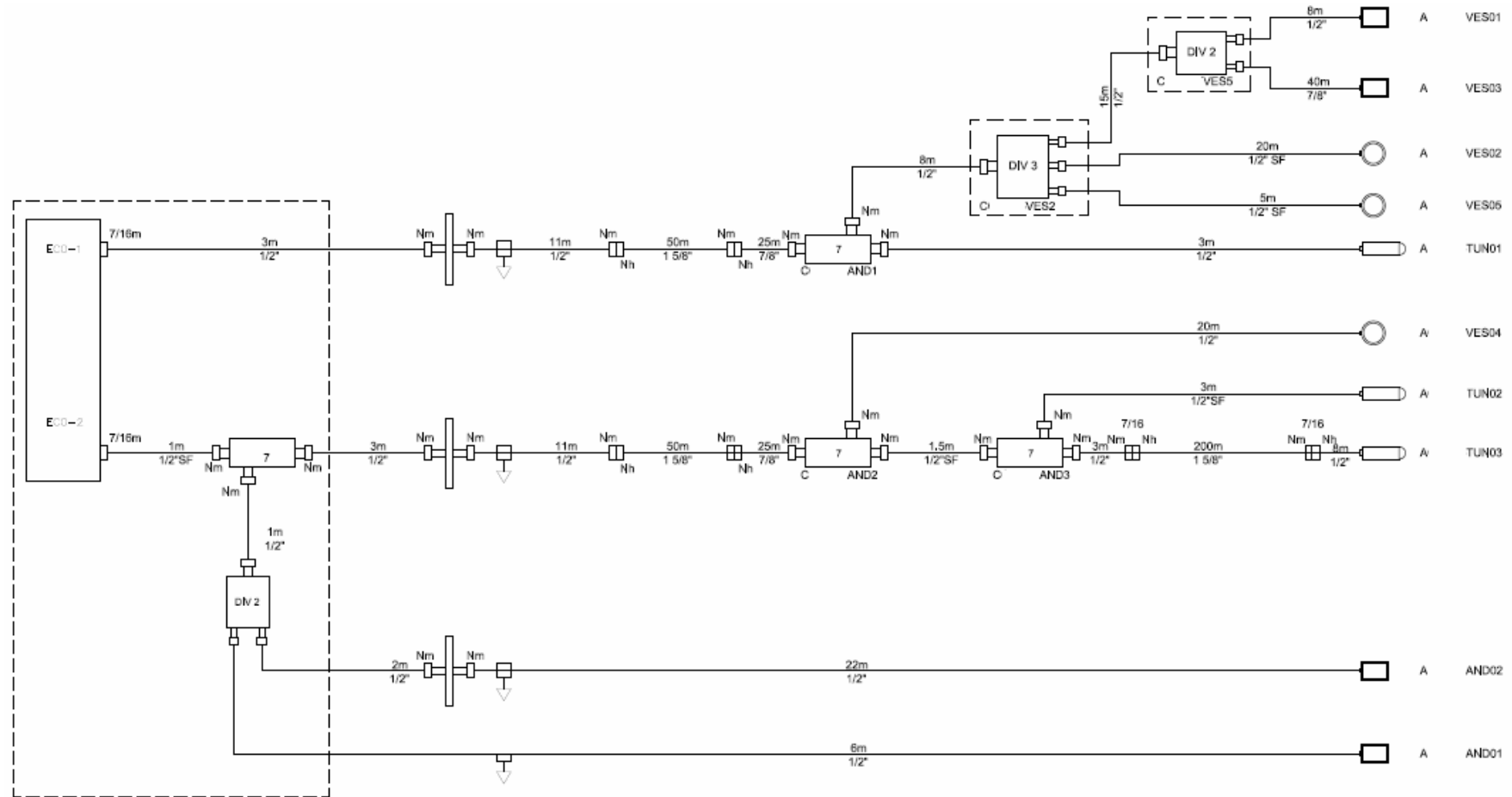


Tabla G.2: Potencias de la estación de Paseo Marítimo

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	1,7	-67,9	17,1	-2,1	-77,7	7,3	-0,2	-77,2	7,8
AVES02	2,7	-66,9	18,1	0,1	-75,5	9,5	0,0	-77,0	8,0
AVES03	0,1	-69,5	15,5	-4,4	-80,0	5,0	-4,5	-81,5	3,5
AVES04	18,6	-51,0	34,0	18,7	-56,9	28,1	18,6	-58,4	26,6
AVES05	6,1	-63,5	21,5	3,8	-71,8	13,2	3,8	-63,2	21,8
AAND01	19,6	-68,0	17,0	19,3	-74,3	10,7	20,2	-74,7	10,3
AAND02	14,9	-72,7	12,3	14,7	-78,9	6,1	15,6	-79,3	5,7
ATUN01	32,1	-67,5	17,5	32,1	-73,5	11,5	32,0	-75,0	10,0
ATUN02	26,8	-72,8	12,2	28,4	-77,2	7,8	28,3	-78,7	6,3
ATUN03	27,4	-69,7	15,3	25,9	-77,2	7,8	25,8	-78,7	6,3

G.3. Unifilar Centro Ciudad

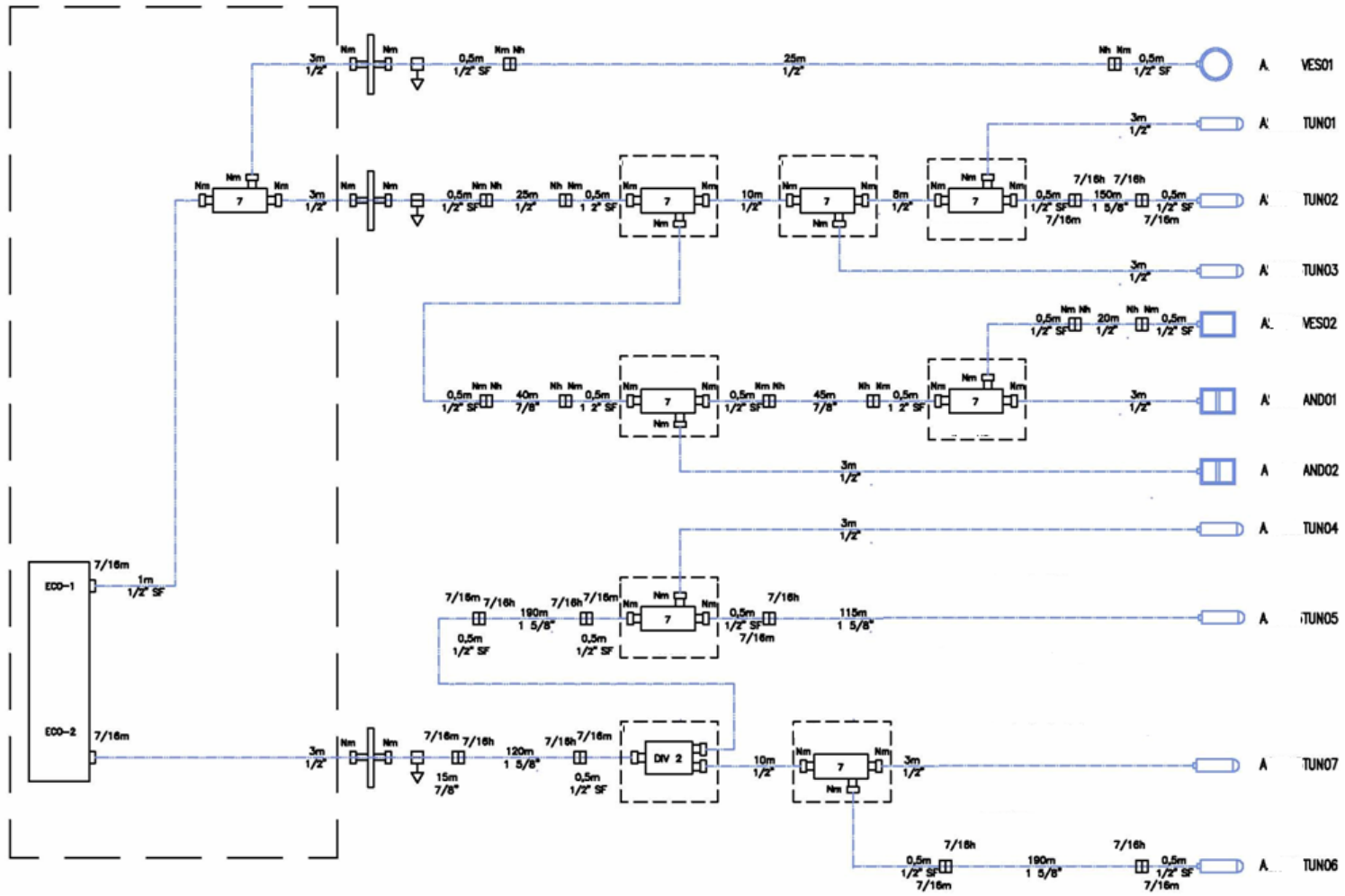


Tabla G.3: Potencias de la estación de Centro Ciudad

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	20,5	-52,6	32,4	20,3	-58,8	26,2	20,3	-50,2	34,8
AVES02	9,2	-63,9	21,1	6,2	-72,9	12,1	27,0	-43,5	41,5
AAND01	15,0	-66,5	18,5	13,2	-74,4	10,6	35,0	-43,9	41,1
AAND02	12,6	-68,9	16,1	11,9	-75,7	9,3	29,0	-49,9	35,1
ATUN01	27,3	-69,8	15,2	28,3	-74,8	10,2	38,5	-56,0	29,0
ATUN02	29,2	-69,0	16,0	27,9	-76,3	8,7	38,1	-57,5	27,5
ATUN03	29,1	-68,0	17,0	30,4	-72,7	12,3	38,5	-56,0	29,0
ATUN04	21,9	-72,9	12,1	19,4	-81,4	3,6	38,5	-53,7	31,3
ATUN05	21,5	-72,9	12,1	15,1	-85,3	-0,3	33,2	-58,6	26,4
ATUN06	21,4	-73,4	11,6	18,6	-82,2	2,8	22,6	-69,6	15,4
ATUN07	29,2	-70,0	15,0	27,3	-77,9	7,1	32,9	-63,6	21,4

G.4. Unifilar Cercanías

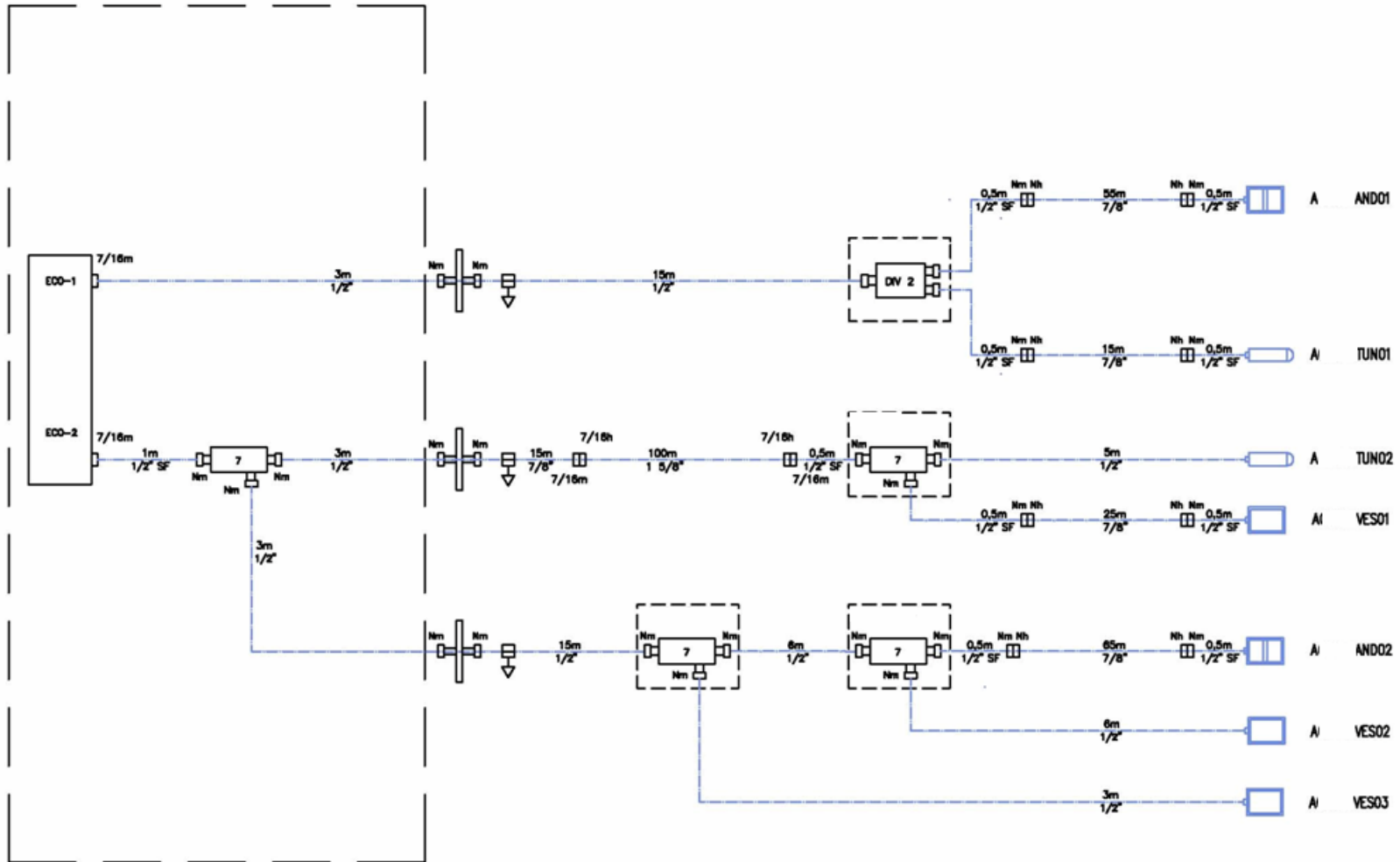


Tabla G.4: Potencias de la estación de Cercanías

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	21,5	-48,1	36,9	19,7	-55,9	29,1	19,7	-47,3	37,7
AVES02	17,4	-52,2	32,8	17,2	-58,4	26,6	17,2	-49,8	35,2
A5VES03	19,3	-50,3	34,7	19,5	-56,1	28,9	19,5	-47,5	37,5
AAND01	25,8	-61,8	23,2	25,3	-68,3	16,7	26,3	-58,6	26,4
AAND02	18,6	-69,0	16,0	17,6	-76,0	9,0	18,6	-66,3	18,7
ATUN01	36,5	-63,1	21,9	38,4	-67,2	17,8	38,4	-58,6	26,4
ATUN02	35,7	-63,9	21,1	36,4	-69,2	15,8	36,4	-60,6	24,4

G.5. Unifilar PI. España

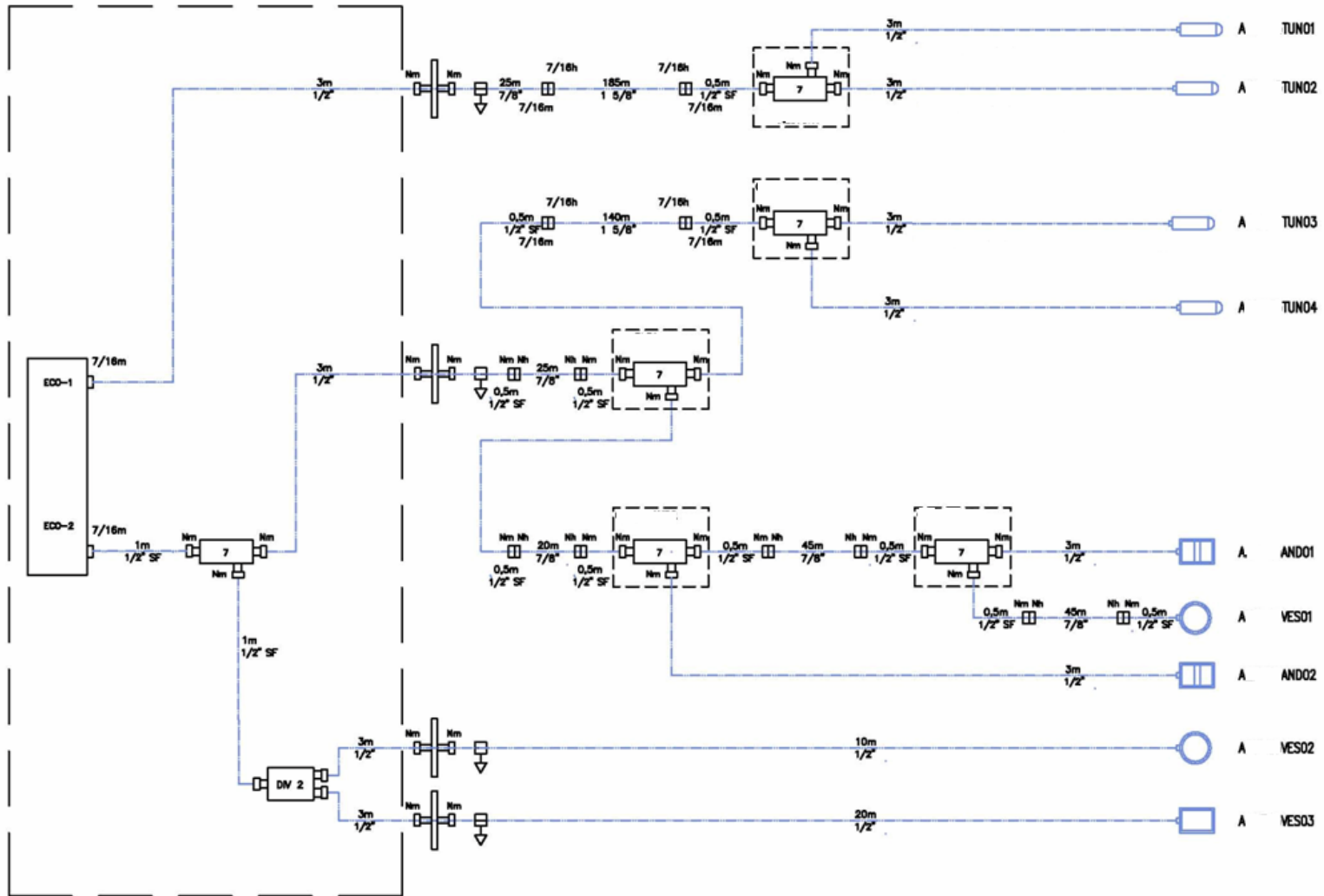


Tabla G.5: Potencias de la estación de Pl. España

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	5,5	-64,1	20,9	3,1	-72,5	12,5	3,1	-63,9	21,1
AVES02	18,6	-51,0	34,0	19,0	-56,6	28,4	19,0	-48,0	37,0
AVES03	22,8	-46,8	38,2	22,8	-52,8	32,2	22,8	-44,2	40,8
AAND01	16,7	-64,8	20,2	15,7	-71,9	13,1	16,7	-62,2	22,8
AAND02	14,3	-67,2	17,8	14,4	-73,2	11,8	15,4	-63,5	21,5
ATUN01	28,6	-68,5	16,5	27,8	-75,3	9,7	27,8	-66,7	18,3
ATUN02	31,3	-62,3	22,7	28,5	-71,1	13,9	28,5	-62,4	22,6
ATUN03	29,4	-65,8	19,2	27,1	-74,1	10,9	27,1	-65,4	19,6
ATUN04	26,6	-67,0	18,0	26,4	-73,2	11,8	26,4	-64,5	20,5

G.6. Unifilar Rondas

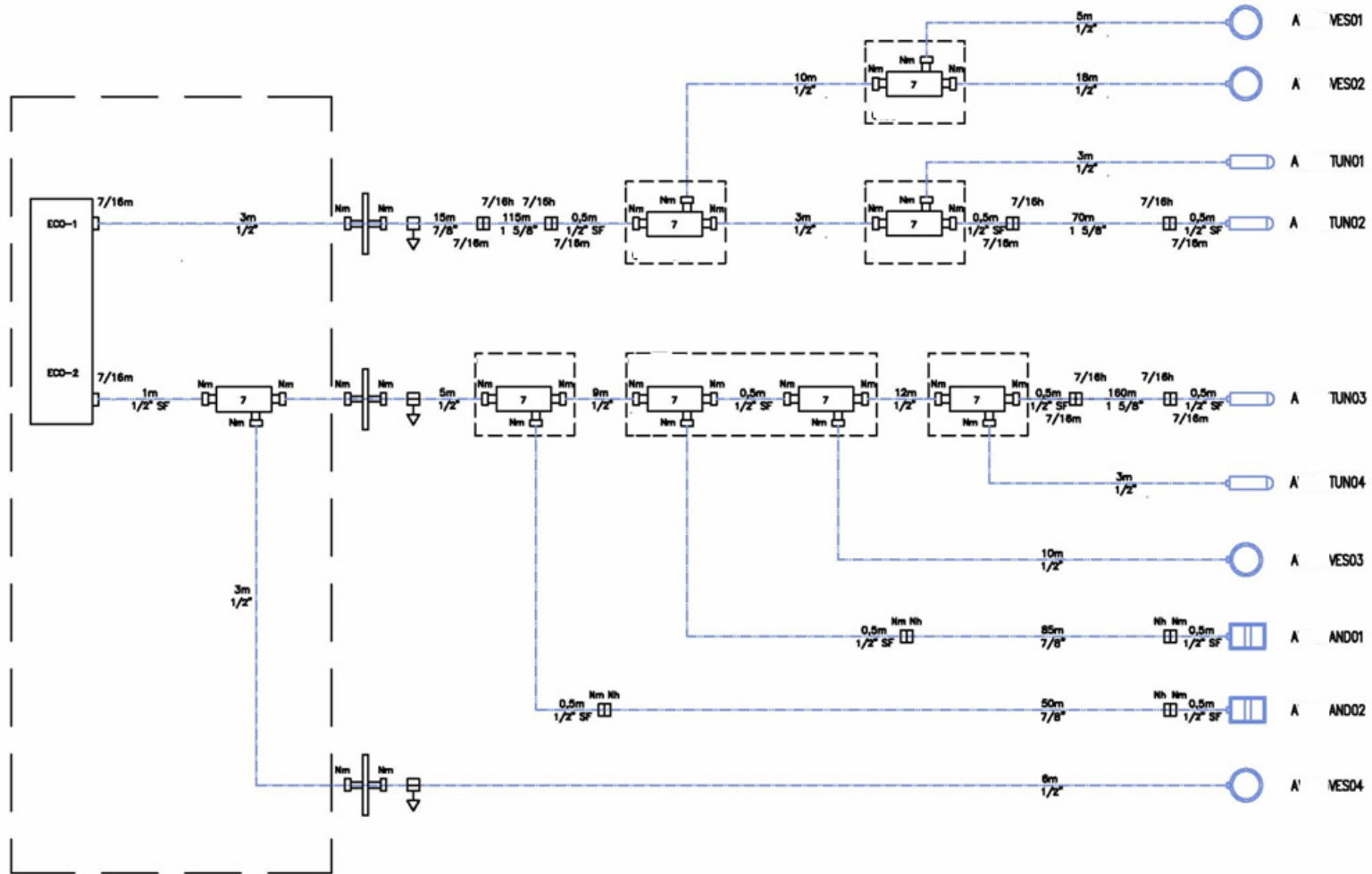


Tabla G.6: Potencias de la estación de Rondas

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	10,8	-58,8	26,2	9,0	-66,6	18,4	9,0	-58,0	27,0
AVES02	15,8	-53,8	31,2	13,5	-62,1	22,9	13,5	-53,5	31,5
AVES03	17,4	-52,2	32,8	17,3	-58,3	26,7	17,3	-49,7	35,3
AVES04	22,4	-47,2	37,8	23,0	-52,6	32,4	23,0	-44,0	41,0
AAND01	18,3	-69,3	15,7	17,1	-76,5	8,5	18,1	-66,8	18,2
AAND02	21,7	-65,9	19,1	21,6	-72,0	13,0	22,6	-62,3	22,7
ATUN01	29,5	-61,0	24,0	30,0	-66,5	18,5	30,0	-57,8	27,2
ATUN02	33,4	-66,2	18,8	32,9	-72,7	12,3	32,9	-64,1	20,9
ATUN03	30,8	-68,8	16,2	30,0	-75,6	9,4	30,0	-67,0	18,0
ATUN04	29,1	-68,6	16,4	30,8	-72,9	12,1	30,8	-64,2	20,8

G.7. Unifilar PI. Europa

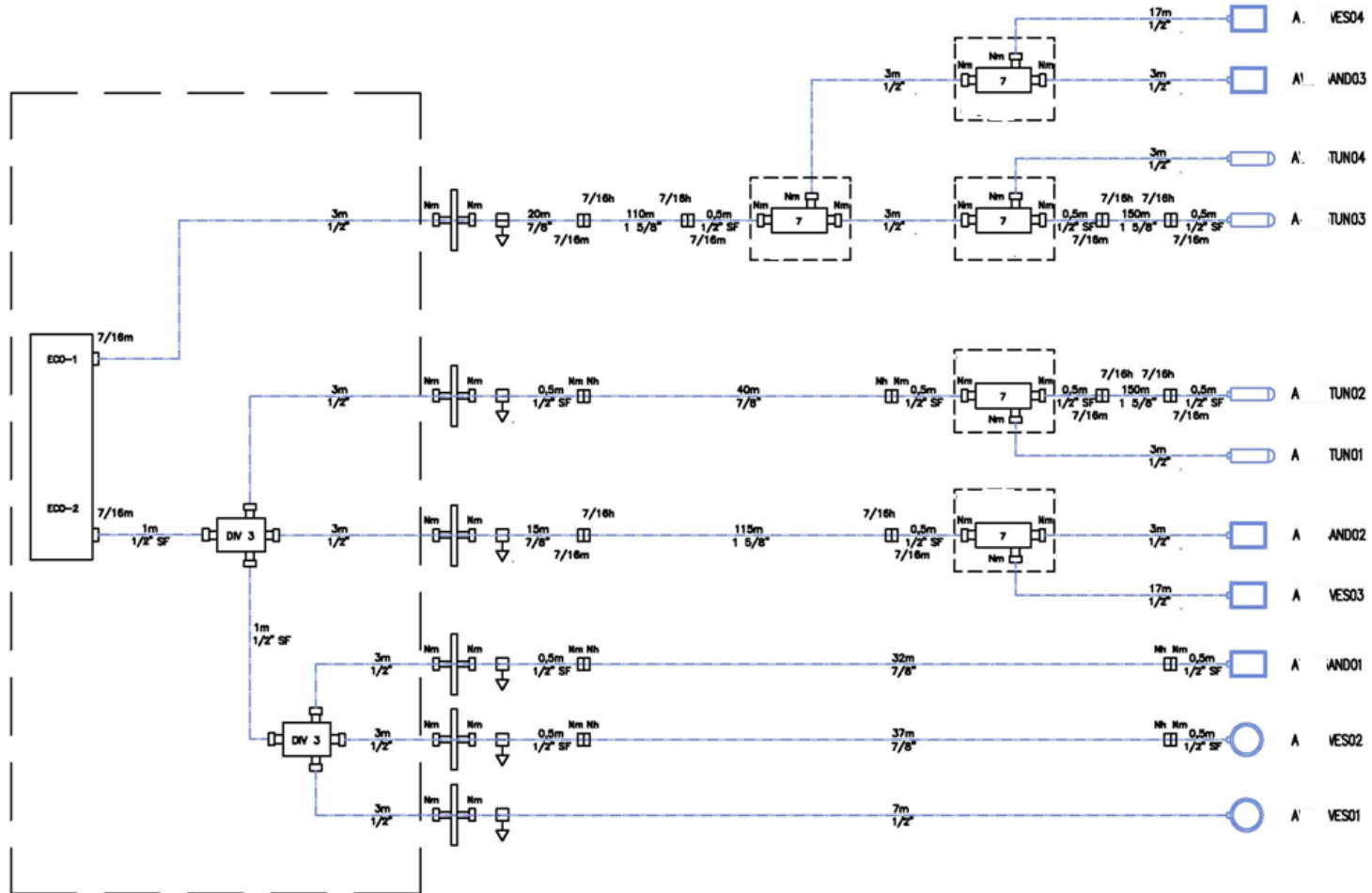


Tabla G.7: Potencias de la estación de Pl. Europa

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	18,6	-51,0	34,0	19,1	-56,5	28,5	19,1	-47,9	37,1
AVES02	17,1	-52,5	32,5	16,9	-58,7	26,3	16,9	-50,1	34,9
AVES03	13,7	-55,9	29,1	11,6	-64,0	21,0	11,6	-55,4	29,6
AVES04	15,2	-54,4	30,6	13,1	-62,5	22,5	13,1	-53,9	31,1
AAND01	22,3	-65,3	19,7	22,3	-71,3	13,7	22,3	-62,6	22,4
AAND02	14,7	-72,9	12,1	13,2	-80,4	4,6	13,2	-71,7	13,3
AAND03	22,3	-65,3	19,7	20,7	-72,9	12,1	20,7	-64,2	20,8
ATUN01	27,0	-70,1	14,9	28,8	-74,3	10,7	28,8	-65,7	19,3
A5TUN02	29,0	-70,6	14,4	28,4	-77,2	7,8	28,4	-68,6	16,4
ATUN03	31,2	-68,4	16,6	29,3	-76,3	8,7	29,3	-67,7	17,3
ATUN04	29,3	-67,8	17,2	29,7	-73,4	11,6	29,7	-64,8	20,2

G.8. Unifilar Aeropuerto

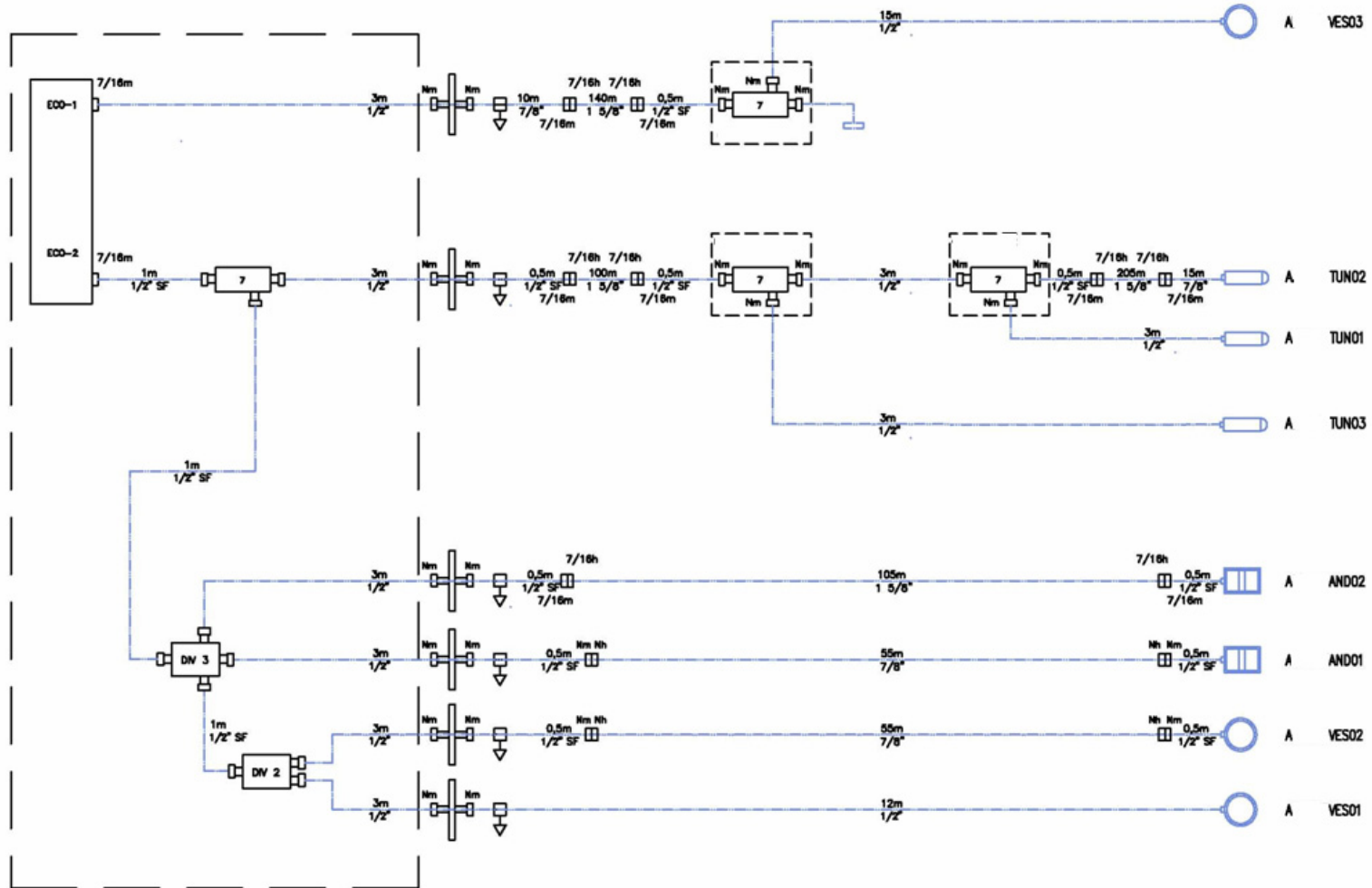


Tabla G.8: Potencias de la estación de Aeropuerto

	GSM			DCS			UMTS		
	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)	PRA (dBm)	P. mínima (dBm)	Margen de seguridad (dB)
AVES01	13,1	-58,4	26,6	13,4	-64,2	20,8	13,4	-55,5	29,5
AVES02	11,2	-60,3	24,7	10,6	-67,0	18,0	10,6	-58,3	26,7
AVES03	17,4	-54,1	30,9	15,3	-62,3	22,7	15,3	-53,6	31,4
AAND01	17,5	-67,0	18,0	17,5	-73,0	12,0	18,5	-63,3	21,7
AAND02	17,2	-67,3	17,7	16,7	-73,8	11,2	17,7	-64,1	20,9
ATUN01	29,0	-71,4	13,6	29,9	-76,6	8,4	29,9	-67,9	17,1
ATUN02	28,9	-68,2	16,8	26,4	-76,7	8,3	26,4	-68,1	16,9
ATUN03	27,1	-64,5	20,5	26,2	-71,5	13,5	26,2	-62,8	22,2

ANEXO H. PRESUPUESTO.

En este anexo se presenta un presupuesto orientativo de los costes que pueden llegar a suponer la ejecución de una infraestructura de este tipo. En el presupuesto no se detallan los precios de las partidas ya que los precios reales son sobre ofertas realizadas por cada una de las contratistas y por cuestiones de confidencialidad no se facilitan estos datos. El precio total es orientativo ya que no se ha tenido en cuenta los precios de alquiler de las fibras de metro.

Tabla H.1: Resumen del presupuesto total

Part.	CONCEPTO	Precio
1.	UNIDADES DE OBRA, INSTALACIÓN E INGENIERIA	
1.1.	Suministro/Instalación Sistema radiante (cableados y antenas)	
1.2.	Acondicionamiento/Construcción de sala técnica	
1.3.	Suministro/Instalación equipamiento auxiliar de salas técnicas	
1.4.	Suministro/Instalación equipo Fuerza -48v Elteck	
1.5.	Suministro/Instalación Mangueras de F.O.	
1.6.	Suministro/Instalación Rack 19" y Repartidor F.O.	
1.7.	Ingeniería	
1.8.	Dirección facultativa	
1.9.	Coordinación Seguridad y Salud	
TOTAL		475.376,81 €
2.	EQUIPOS RADIO Y FO	
2.1.	ERICSSON RBS 2202 GSM	
2.2.	HUAWEI DBS 3800 UMTS	
2.3.	ERICSSON RBS 2206 GSM	
2.4.	ERICSSON RBS 3206M UMTS	
2.5.	ERICSSON RBS 2206 DCS	
2.6.	ERICSSON RBS 3216 UMTS	
2.7.	ERICSSON RBS 3216 UMTS	
2.8.	Instalación equipos radio	
2.9.	Unidad Master (3VAM+1RCM+1OCM) Powerwave	
2.10.	Repetidor AR1717 Powerwave	
2.11.	Repetidor RHAR627010 Powerwave	
2.12.	Instalación equipos FO	
2.13.	Suministro/Instalación equipos TX	
TOTAL		431.272,00 €
TOTAL EJECUCIÓN		906.648,81 €

ANEXO I. MODELO DE PROPAGACION Y CONDICIONES

Aún y no siendo objeto del proyecto la determinación de un modelo de propagación para su cálculo en el interior de los túneles, en este anexo se realiza una breve explicación de cual es el modelo de propagación utilizado para determinar los niveles de cobertura en el interior de las infraestructuras de metro y el porque de del uso de este modelo de propagación.

El modelo de propagación que se utiliza para el caculo de la propagación en el interior de los túneles es el modelo de propagación en espacio libre. El uso de este modelo para los cálculos viene impuesto por los departamentos radio de los operadores de telefonía móvil.

Previo al inicio de la construcción de las infraestructuras para dar cobertura en el interior de la red de metro se iniciaron una serie de pruebas para determinar como se debía realizar la implantación de estaciones base en el interior de la red de metro. Uno de los puntos a determinar por los operadores era como dar cobertura en los túneles de la red de metro y como podían prever los niveles de potencia recibidos en la antena de los usuarios para garantizar una buena calidad del servicio.

Para poder determinar un modelo de propagación que les permitiera prever los niveles de potencia que llagarían a las antenas de los terminales de los usuarios, los operadores iniciaron una serie de pruebas sobre el terreno. Estas pruebas consistían en la instalación de una antena en un extremo de un túnel y la realización de una campaña de medidas para determinar el comportamiento de la propagación de la señal en el interior del túnel.

Con esta campaña de medidas se determino que la contribución de los rayos que rebotaban en las paredes no era determinante ya que los materiales de revestimiento de los túneles provocaban una alta absorción de la potencia de los rayos que incidían en las paredes. También se observo que la propagación de la señal no sufría prácticamente ningún efecto de guiado de ondas debido a las dimensiones de los túneles y a las características de las paredes de los túneles que no son lisas. Esto llevo a las operadoras a determinar que se podía modelar la propagación de la señal mediante el modelo de propagación en espacio libre con una margen de error muy ajustado. Mas concretamente se observo que mientras se tuviera visión directa entre el terminal móvil y la antena emisora este modelo era valido. Cuando las medidas se tomaban después de una curva, los niveles de potencia sufrían una fuerte decaída y no se ajustaban a este modelo de propagación.

Con la obtención de estos resultados, los operadores de telefonía móvil, determinaron que el modelo de propagación a utilizar para prever los niveles de cobertura en el interior de túnel debía ser el modelo de propagación en espacio libre. Este modelo de propagación es valido siempre que se tenga visión directa entre la antena y la zona a cubrir. Para conseguir esta condición es necesario que en cada una de las curvas de los túneles se instale una antena en la parte exterior de la curva. En el caso de utilizar cable radiante, este debe ser continuo a lo largo del túnel para que se cumplan.

Junto con las pruebas realizadas para determinar la propagación de la señal en los túneles, también se realizaron pruebas para determinar la atenuación que sufría la señal al pasar del exterior de un vagón a su interior. Con estas pruebas se determinó que la señal sufría una atenuación de unos 10dB debidos a los materiales de los que están contruidos los vagones. Este factor de corrección recibe el nombre de Wagon Loss.

Por ultimo, también se determinó que la alta densidad de pasajeros que se puede producir en el interior del vagón, en momentos puntuales, también introducía un factor de pérdidas adicional en la propagación de la señal. Este factor de perdidas se tipifico en 12dB y recibe el nombre de Body Loss.

De este modo y como condiciones de cálculo para determinar los niveles de potencia recibidos en las antenas de los terminales móviles los operadores determinaron que:

- Para los cálculos de propagación se utilizara el modelo de propagación en espacio libre en cualquiera de las zonas de Metro.
- En el cálculo de propagación en los andenes y en el interior de un túnel se debe añadir dos factores de corrección. Estos factores de corrección que se deben introducir son las Body Loss y las Wagoon Loss, siendo en estas zonas, andén y túnel, donde se dan las peores condiciones de cálculo de la propagación de la señal.