

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones: Especialidad Telemática

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE COBERTURA DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN
DIGITAL TERRESTRE EN ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO RUPIT Y PRUIT.**

Memoria

**Fco Javier Yamuza Palma
PONENTE: Antoni Satué Villar**

PRIMAVERA 2011



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Agradecimientos

Quiero agradecer a D. Antoni Satué Villar por sus consejos, ideas y dedicación que ha mostrado en todo momento durante estos últimos meses.

Agradecer a mis padres, hermano y novia por el ánimo proporcionado a lo largo de la carrera.

También agradecer al Sr. Joan Sarsanedas la información proporcionada sobre el municipio y a la empresa SERVITEC S.C.P la prestación de los equipos de medida utilizados en este proyecto final de carrera.

Y como no, mencionar a mis compañeros de universidad, Jordi Buch, Eduard Angulo y Alberto Molina por todos los buenos y malos momentos vividos a lo largo de estos últimos años.

Resum

Aquest PFC tracta sobre la televisió digital terrestre (TDT). Primer es realitza un estudi teòric sobre l'estàndard DVB-T i les seves característiques per una correcta transmissió i recepció de senyal digital. Seguidament es realitza un estudi pràctic amb l'objectiu de oferir una proposta tècnica que solucioni els problemes actuals de cobertura TDT al municipi de Rupit i Pruit, situat a la comarca de Osona. La proposta tècnica consisteix en instal·lar 2 centres reemisors que garanteixin una correcta recepció de continguts TDT als habitants del municipi. L'estudi pràctic inclou: presa de mesures en diferents ubicacions del territori amb un mesurador de camp professional, càlculs de potències i pèrdues de propagació, simulacions amb *RadioEarth*, elecció dels equips reemisors, plànols i esquemes i un estudi econòmic de la solució plantejada. Per la seva correcta implementació, s'ha seguit l'estàndard ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10).

Resumen

Este proyecto final de carrera trata sobre la televisión digital terrestre (TDT). Primero se realiza un estudio teórico sobre el estándar DVB-T y sus características para una correcta transmisión y recepción de señal digital. Seguidamente se realiza un estudio práctico con el objetivo de ofrecer una propuesta técnica que solucione los problemas actuales de cobertura TDT en el municipio de Rupit y Pruit, situado en la comarca de Osona. La propuesta técnica consiste en instalar 2 centros reemisores que garanticen una correcta recepción de contenidos TDT a los habitantes del municipio. El estudio práctico incluye: toma de medidas en diferentes puntos del territorio con medidor de campo profesional, cálculos de potencias y pérdidas de propagación, simulaciones con *RadioEarth*, elección de los equipos reemisores, planos y esquemas y un estudio económico de la solución planteada. Para su correcta implementación se ha seguido el estándar ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10).

Abstract

The Final Degree Project is about the Digital Terrestrial Television (DTT). First, it is realized a theoretical study about the standard DVB-T and its characteristics for a proper transmission and reception of a digital signal. Second, it is realized a practical study with the objective of offering a technical proposal which resolved the present DTT range problems in the municipality of Rupit and Pruit, located in Osona.

The technical proposal consists on installing 2 transmitting centres that guarantees a proper reception of DTT contents to the inhabitants of the municipality. The practical study includes the following: taking of measurement in different territorial places with a professional land meter, power calculation and propagation losing, RadioEarth simulations, choice of transmitting equipment, maps and sketches and finally it includes an economical study of the solution raise. For its proper implementation it is followed the standard ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10).

Índice

Índice	I
Índice de Figuras	V
Índice de tablas	VII
Glosario	IX
1.- Introducción	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Motivo de la elección del tema.....	2
1.3 Trabajo previo a la solicitud de propuesta del PFC.....	2
1.4 Estructura de la memoria del proyecto	3
2. Televisión Digital Terrestre	5
2.1 Televisión digital	5
2.2 Televisión Digital Terrestre.....	5
2.2.1 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre	5
2.2.2 Inconvenientes de la Televisión Digital Terrestre.....	6
2.3 Organización DVB	7
2.4 Estándares DVB	9
2.4.1 DVB-S	9
2.4.2 DVB-S2	10
2.4.3 DVB-C.....	10
2.4.4 DVB-CS	10
2.4.5 DVB-T.....	11
2.4.6 DVB-H	11
2.4.7 DVB-SH	11
2.5 Introducción DVB-T	12
2.6 Características Técnicas DVB-T	13
2.6.1 Modulación COFDM.....	13
2.6.2 El símbolo COFDM	16
2.6.3 Intervalo de guarda	16
2.6.4 Estructura de la trama COFDM.....	18
2.6.5 Codificación de canal	19
2.6.6 Modos de transmisión.....	19
2.6.6.1 Modulación No-Jerárquica	20
2.6.6.2 Modulación Jerárquica	20
2.6.7 Codificación MPEG2	21
2.6.8 El Multiplex de MPEG-2.....	21
2.7 Especificaciones DVB-T	23
2.7.1 Estándar ETSI EN 300 468- Codificación de fuente.....	24
2.7.2 Estándar ETSI EN 300 744	24
2.8 Redes De Difusión.....	27
2.8.1 Redes de frecuencia múltiple (MFN)	28

2.8.2 Red de Frecuencia Única (SFN).....	29
2.9 Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital	30
3. La TDT En España.....	33
3.1 Cronología De La Implantación De La TDT En España.....	33
3.2 Legislación	35
3.3 Parámetros adoptados en España.....	37
3.4 Frecuencias empleadas	38
3.4.1 Dividendo digital	39
3.5 La TDT en Cataluña	39
3.6 Futuro de la TDT	41
4. Implementación de centros reemisores	43
4.1 Introducción.....	43
4.2 Consideraciones previas	44
4.2.1 Rupit y Pruit	44
4.2.2 Situación actual	47
4.2.3 Mediciones	49
4.2.4 Solución propuesta	51
4.2.5 Magnitudes utilizadas.....	52
4.3 Estándar ETSI TR 101 190 V1.3.1.....	53
4.4 Parámetros y cálculos	55
4.4.1 Tasa de bits y relación C/N	56
4.4.2 Potencia de ruido	58
4.4.3 Potencia media requerida en recepción	58
4.5 Balance de potencias global	60
4.6 Parámetros mínimos en el emplazamiento del centro reemisor	62
4.6.1 PIRE / PRA.....	63
4.7 Solución adoptada	64
4.7.1 Perdidas espacio libre	64
4.7.2 Perdidas ocasionadas por obstáculos.....	65
4.7.3 Área a cubrir	66
4.8 Reemisor de Pruit	68
4.8.1 Ubicación del reemisor.....	68
4.8.2 Niveles recibidos	69
4.8.3 Instalación existente en el emplazamiento	70
4.8.4 Puntos del territorio a cubrir.....	70
4.8.5 Potencias recibidas	72
4.8.6 Conclusión.....	73
4.9 Reemisor de Rupit	73
4.9.1 Ubicación del reemisor.....	74
4.9.2 Niveles recibidos	75
4.9.3 Instalación existente en el emplazamiento	76
4.9.4 Puntos del territorio a cubrir.....	76
4.9.5 Potencias Recibidas	78
4.9.6 Conclusión.....	79

4.10 Simulación	79
4.10.1 Modelo de propagación	80
4.10.2 Simulación de Pruit	82
4.10.3 Simulación de Rupit	87
4.10.4 Cobertura global de los reemisores	89
5. Equipos a instalar	90
5.1 Reemisor	90
5.2 Sistema Radiante	92
5.3 Línea de transmisión.....	92
5.4 Triplexadores	93
6.- Planos y esquemas	95
6.1 Ubicación del reemisor de Pruit	96
6.2 Ubicación del reemisor de Rupit	97
6.3 Simulación de cobertura en Rupit	98
6.4 Simulación de cobertura en Pruit	99
6.5 Diagramas de Radiación.....	100
6.6 Esquema Reemisor	101
7.- Estudio económico.....	103
7.1 Estudio técnico inicial	103
7.2 Diseño de la propuesta.....	104
7.3 Coste del equipo reemisor y puesta en servicio.....	104
7.4 Documentación	105
7.5 Conclusión	106
8.- Conclusiones	107
9.- Referencias.....	109
ANEXOS.....	113
ANEXO I – Cálculos y perfiles orográficos.....	114
Reemisor Pruit. Cálculo de pérdidas de propagación.....	115
Reemisor Rupit. Cálculo de pérdidas de propagación.....	134
ANEXO II – Pliego de Condiciones técnicas.....	146
Características de la antena receptora.....	147
Características del equipo reemisor	148
Unidad de control y fuente de alimentación DT-800	149
Transmodulador DT-212	150
Amplificador de Potencia DT-730	151
Cable coaxial y conectores	152
Sistema Radiante	154
Mástil telescópico Ikusi	155

Índice de Figuras

Fig.2.1 Esquema de bloques DVB.....	7
Fig. 2.2 Codificación y Modulación QPSK.....	8
Fig. 2.3 Codificación y Modulación COFDM.....	8
Fig. 2.4 Codificación y Modulación QAM	9
Fig. 2.5 Modelo de comunicaciones OSI	13
Fig. 2.6 Espectro COFDM del canal 51(Promax Prodig-5)	14
Fig. 2.7 Espectro COFDM.....	15
Fig. 2.8 Tiempo de evaluación del símbolo K.....	17
Fig. 2.9 Esquema modulación no-jerárquica	20
Fig. 2.10 Esquema modulación jerárquico	21
Fig. 2.11 Multiplexación	22
Fig. 2.12 Trama MPEG-2 de Transporte.....	22
Fig. 2.13 Diagrama de bloques DVB-T.....	25
Fig. 2.14 Esquema de Red SFN.....	29
Fig. 2.15 Intervalo de guarda.....	32
Fig. 4.1 Ubicación de y Pruit (Osona).....	44
Fig. 4.2 Buscador de Coberturas de la Generalitat de Cataluña	45
Fig. 4.3 Mapa de cobertura de la Generalitat de Catalunya	45
Fig. 4.4 Repetidores más próximos a Rupit y Pruit.....	46
Fig. 4.5 Ubicación Cabecera de TV Televisión con Google Earth	48
Fig. 4.6 Antenas.....	48
Fig. 4.7 Cableado Exterior y Distribución.....	48
Fig. 4.8 Equipos de Amplificación.....	48
Fig. 4.9 Localización de medidas	50
Fig. 4.10 Esquema solución propuesta	51
Fig. 4.11 Función densidad de probabilidad.....	59
Fig. 4.12 Esquema Picquenard	65
Fig. 4.13 Ubicación de los puntos a cubrir.....	67
Fig. 4.14 Ubicación del reemisor - Mapa topográfico.....	68
Fig. 4.15 Panorámica desde el emplazamiento.....	68
Fig. 4.16 Repetidor Telefonía.....	70
Fig. 4.17 Interior de la caseta y toma de corriente	70
Fig. 4.18 Enlaces reemisor - receptor	71
Fig. 4.19 Esquema de potencias, ganancias y pérdidas	72
Fig. 4.20 Ubicación del reemisor – Mapa topogràfic	74
Fig. 4.21 Ubicación Reemisor	74
Fig. 4.22 Panorámica desde el emplazamiento del reemisor.....	75
Fig. 4.23 Interior de la Caseta	76
Fig. 4.24 Equipos de Recepción	76
Fig. 4.25 Enlaces reemisor - receptor	77
Fig. 4.26 Esquema de potencias, ganancias y pérdidas	78
Fig. 4.27 Curvas de predicción del modelo ITU-R P.1546 Modelo de Predicción Punto-Área (600 Mhz)	82
Fig. 4.28 Nueva cobertura campo eléctrico	82
Fig. 4.29 Nombre de la simulación.....	83
Fig. 4.30 Parámetros para la nueva cobertura	83
Fig. 4.31 Umbral	83

Fig. 4.32 Datos estación base	84
Fig. 4.32 Elección del modelo de propagación	84
Fig. 4.33 Radio de la cobertura.....	85
Fig. 4.34 Área cubierta.....	85
Fig. 4.35 Intervalos campo eléctrico	86
Fig. 4.36 Área cubierta con niveles de campo eléctrico.....	86
Fig. 4.37 Datos estación base Rupit	87
Fig. 4.38 Área cubierta Rupit	87
Fig. 4.3.9 Intervalos de campo electrico.....	88
Fig. 4.40 Área cubierta con niveles de campo eléctrico.....	88
Fig. 4.41 Área total cubierta con los 2 reemisores	89
Fig. 5.1 Esquema de la cadena de transmisión	94

Índice de tablas

Tabla 2.1 Características COFDM	16
Tabla 2.2 Valores intervalo de guarda.....	18
Tabla 2.3 Resumen ETSI EN 300 744	26
Tabla 2.4 Niveles requeridos en la relación C/N en transmisiones no jerárquicas.	27
Tabla 3.1 Tasa de bits útiles (Mbit /s) para sistemas jerárquicos en canales de 8 MHz. 38	
Tabla 3.2 Frecuencias UHF	39
Tabla 3.3 Canales disponibles en Cataluña	40
Tabla 4.1 Centros emisores más próximos.....	46
Tabla 4.2 Oferta de canales en Osona	47
Tabla 4.3 Descripción equipos de medida.....	49
Tabla 4.5 Tabla de equivalencias	52
Tabla 4.6 ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10).....	54
Tabla 4.7 ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10). Frecuencia 800 Mhz.....	54
Tabla 4.8. ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10). Frecuencia 500 Mhz.....	55
Tabla 4.9 Intensidades de campo en el receptor.....	55
Tabla 4.10 Tasas de bits	57
Tabla 4.11 Valores C/N requeridos según el estándar	57
Tabla 4.12 Balance de Potencias	61
Tabla 4.13 Ubicación de las zonas de estudio	67
Tabla 4.14 Potencias recibidos	69
Tabla 4.15 Pérdidas espacio libre	71
Tabla 4.16 Pérdidas ocasionadas por obstáculos.....	72
Tabla 4.17 Niveles teóricos recibidos	73
Tabla 4.18 Niveles recibidos en el reemisor de Rupit.....	75
Tabla 4.19 Perdidas espacio libre	77
Tabla 4.20 Perdidas producidas por obstáculos.....	78
Tabla 4.21 Estimación de potencias recibidas.....	79
Tabla 5.1 Canales recibidos.....	92
Tabla 5.2 Canales a emitir	92
Tabla 5.3 Elevación e Inclinación	92

Glosario

B	Ancho de Banda
b	Bit por subportadora
COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
<i>d</i>	Distancia
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>
<i>E (dBμV/m)</i>	Intensidad de campo en el punto
EDC	Emisions Digitals de Catalunya
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
EUPMT	Escuela Universitaria Politécnica de Mataró
F	Factor ruido del sistema receptor
<i>f</i>	Frecuencia
FFT	Transformada de Fourier
<i>G</i>	Ganancia
<i>G_{tx}</i>	Ganancia del transmisor
HbbTV	<i>Hybrid broadcastbroadband TV</i>
HDTV	Televisión de alta definición (<i>High Definition Television</i>)
<i>hp</i>	Altura obstáculo
ICT	Infraestructura Común de Telecomunicaciones
ISI	Interferencia intersimbólica
<i>K (dB/metro)</i>	Factor Antena
<i>L (dB)</i>	Atenuación
<i>L_{tt}</i>	Perdidas de cables o latiguillos
MFN	Redes de frecuencia múltiple (<i>Multiple Frequency Networks</i>)
MHP	<i>Multimedia Home Platform</i>
MPEG	Moving Pictures Experts Group
MUX	Multiplex
<i>P (dBμV)</i>	Potencia medida por el equipo medidor de campo
PFC	Proyecto Final de Carrera
PIRE	Potencia Isótropa Radiada Equivalente
PRA	Potencia radiada aparente
<i>P_{tx}</i>	Potencia del transmisor
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura(Quadrature amplitude modulation)
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase (<i>Quadrature Phase-Shift Keying</i>)
<i>R_s</i>	Velocidad de símbolo bruta
<i>R_u</i>	<i>Bitrate</i> útil
<i>R_x</i>	Receptor
SFN	Red de frecuencia única (<i>Single Frequency Networks</i>)
SNR	Relación Señal/Ruido (<i>Signal to noise ratio SNR</i>)
TDT	Televisión Digital Terrestre
<i>T_g</i>	Tiempo de guarda
<i>T_o</i>	Temperatura de referencia

<i>T_u</i>	Tiempo de símbolo
T _u	Duración total del símbolo
TVC	Televisió de Catalunya
<i>T_x</i>	Transmisor
UHF	Frecuencia ultraalta (<i>Ultra High Frequency</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
VHF	<i>Frecuencia muy alta (Very High Frequency)</i>
VL	Variabilidad local
VT	Variabilidad temporal

1.- Introducción

Ya ha pasado un año desde la sustitución de servicios de Radiodifusión sonora y televisión analógica a servicios de televisión digital terrestre (TDT). En la actualidad son considerables los municipios, urbanizaciones y zonas de Cataluña y España donde la recepción de servicios de TDT es deficiente.

El presente proyecto trata de dar una solución a aquellos lugares donde por motivos económicos o de densidad de población la Generalitat de Cataluña no ha cubierto.

En la actualidad, la Generalitat tiene en marcha el plan “Catalunya connecta”. Es un plan de actuación en infraestructuras y servicios de telecomunicaciones que tiene como objetivo proporcionar cobertura de telefonía móvil, Internet y TDT a, como mínimo, todos los núcleos urbanos de más de 50 habitantes, en todos los polígonos industriales y en zonas de especial interés económico, comercial, turísticos o cultural de Cataluña.

El problema actual que existe es que por motivos principalmente económicos, el plan avanza poco a poco y son muchos los ciudadanos que no disponen correctamente de servicios de TDT.

Un ejemplo es el municipio de Rupit y Pruit, situado en la comarca de Osona. Debido a la orografía que le rodea, este municipio no recibe correctamente señal directa de los centro emisores principales de la comarca.

Por estos motivos se decide realizar un estudio técnico que solucione los problemas actuales en el municipio de Rupit y Pruit, situado en la comarca de Osona.

1.1 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto final de carrera es plantear una propuesta técnica que solucione los problemas actuales de cobertura TDT en el municipio de Rupit y Pruit.

La solución planteada consiste en realizar el diseño e instalación de reemisores que cubran esta zona y garanticen la correcta recepción de televisión digital a los habitantes de dicho municipio.

1.2 Motivo de la elección del tema

Durante los últimos años, he compaginado mis estudios universitarios con mi trabajo como técnico en servicios de televisión digital. Este hecho me ha impulsado a la elección del tema de este PFC.

1.3 Trabajo previo a la solicitud de propuesta del PFC

Antes de realizar mi propuesta para realizar el PFC me puse en contacto con la Generalitat de Cataluña con el objetivo de que me informaran de algún municipio actual con deficiencias de cobertura de TDT. La respuesta fue positiva y me enviaron un listado con varios municipios que presentaban incidencias con dicho servicio. Del listado de municipios seleccioné Rupit y Pruit por proximidad geográfica. Acto seguido me puse en contacto con el ayuntamiento para verificar las deficiencias existentes y concerté una visita con el Sr Joan Sarsanedas, persona responsable en materia de telecomunicaciones del municipio. En esta visita el Sr. Sarsanedas me explicó los problemas que presentaba el municipio y realicé una primera valoración de la zona.

A continuación le presenté la propuesta al profesor de la EUPMT, Dr. Antoni Satué Villar, a quien le expuse mi propuesta y solicité si podría ser mi ponente.

1.4 Estructura de la memoria del proyecto

Como se ha explicado en el apartado anterior, el objetivo del este proyecto es el de plantear una propuesta técnica que solucione los problemas existentes de cobertura TDT a los habitantes del municipio de Rupit y Pruit.

Para ello, primero se ha realizado un estudio teórico de los principales aspectos técnicos del estándar DVB-T así como sus principales características técnicas: modulación, codificación, intervalo de guarda, etc.

A continuación se ha analiza la situación actual en la que se encuentra tanto España como Cataluña en materia de televisión digital.

Los siguientes capítulos nos muestran en que consiste la solución propuesta. Estos capítulos incluyen cálculos de perdidas de propagación, niveles de señal en diferentes lugares del territorio, ubicación de los reemisores, simulaciones realizadas con *RadioEarth* y planos y esquemas de instalación.

Por ultimo se muestran los costes asociados al trabajo realizado en este PFC y el coste total de los centros reemisores propuestos.

2. Televisión Digital Terrestre

2.1 Televisión digital

La Televisión Digital es la difusión de las señales de televisión que utiliza la más moderna tecnología digital para transmitir de forma optimizada imagen y sonido de mayor calidad, permitiendo ofrecer adicionalmente otros servicios interactivos o de acceso a los usuarios.

Actualmente, es posible acceder a la Televisión Digital mediante las siguientes tecnologías de acceso:

- Onda Terrestre (TDT)
- Satélite.
- ADSL
- Cable

2.2 Televisión Digital Terrestre

La Televisión Digital Terrestre es la tecnología que ha sustituido a la Televisión Analógica Terrestre y en la cual se aplican las tecnologías del medio digital a la transmisión de contenidos a través de una antena de UHF convencional. Aplicando la tecnología digital se consiguen mayores posibilidades, como ofrecer un mayor número de canales o una mejor calidad de imagen y sonido.

2.2.1 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre

A continuación se muestran las principales ventajas que tiene la TDT.

- La calidad de las imágenes es comparable a la de un DVD y la señal es mucho mas inmune a interferencias respecto la analógica.
- Posibilita la transmisión en alta definición (HDTV).

- Mayor calidad de imagen y sonido digital.
- Permite un mayor número de emisoras en el mismo espacio radioeléctrico, pues se pueden transmitir hasta cinco programas por cada canal de UHF (Multiplex).
- Es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales de guarda para reducir interferencias.
- Proporciona, a priori, la misma cobertura que la televisión analógica con una menor potencia de emisión.
- Posibilidad de utilizar redes de frecuencia única (SFN).
- Recepción móvil y portátil.
- Mayor interactividad y participación

2.2.2 Inconvenientes de la Televisión Digital Terrestre

Uno de los inconvenientes más importantes de la TDT, es el llamado “Precipicio Digital”. Las señales analógicas se podían ver aun en caso de recibir señales débiles e interferidas; es decir, que según se va degradando la calidad de la señal en la antena también se va degradando la imagen en la pantalla, pero, al fin y al cabo, la imagen se sigue viendo. No sucede lo mismo con las señales digitales, existe un cambio muy rápido entre estar viendo una imagen perfecta y no ver absolutamente nada.

Otros inconvenientes son:

- Necesidad de elección de una antena muy selectiva.
- Necesidad de reducir al máximo el ruido impulsivo.
- Poca estabilidad de la señal recibida frente a la climatología, calor, viento, polvo.
- No todos los receptores funcionan igual ante estas condiciones de recepción.

- Mayor sensibilidad para distribuir la señal recibida en el interior de las viviendas.

2.3 Organización DVB

Digital Video Broadcasting (DVB) es una organización que promueve estándares aceptados internacionalmente de televisión digital.

El *DVB Project* desarrolla los estándares que posteriormente publican la European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.

Los sistemas de difusión digital definidos en el Project DVB (Proyecto europeo que define por consenso todos los sistemas de transmisión de televisión y radio) representan una familia de especificaciones que se ajustan a las características del medio de transmisión en el que se aplican.

De esta forma, los diferentes sistemas satisfacen, desde el punto de vista técnico, operacional y comercial, los requerimientos del medio de transmisión particular para el que han sido diseñados (satélite, cable y terrestre), manteniendo un alto nivel de aspectos comunes entre las diferentes soluciones.

Una de las premisas seguidas para el establecimiento de las diferentes normas es el de buscar la máxima compatibilidad entre los tres sistemas de transmisión.

El siguiente diagrama de bloques (Fig. 2.1) ilustra el esquema general que puede aplicarse a los sistemas de difusión definidos en el proyecto DVB.



Fig.2.1 Esquema de bloques DVB

En un diagrama general de bloques de los sistemas de televisión digital se pueden distinguir dos partes bien diferenciadas: codificación y modulación.

A continuación se describen todos los bloques de la parte de codificación que utilizan todos los sistemas de difusión digital. Los diagramas particulares de cada medio son

ligeramente diferentes, diagramas que generan una codificación que se adapta más al medio concreto de transmisión.

En las siguientes figuras se puede observar los diagramas para los tres principales medios de transmisión definidos por el DVB, satélite (Fig.2.2), terrestre (Fig. 2.3) y cable (Fig. 2.4)

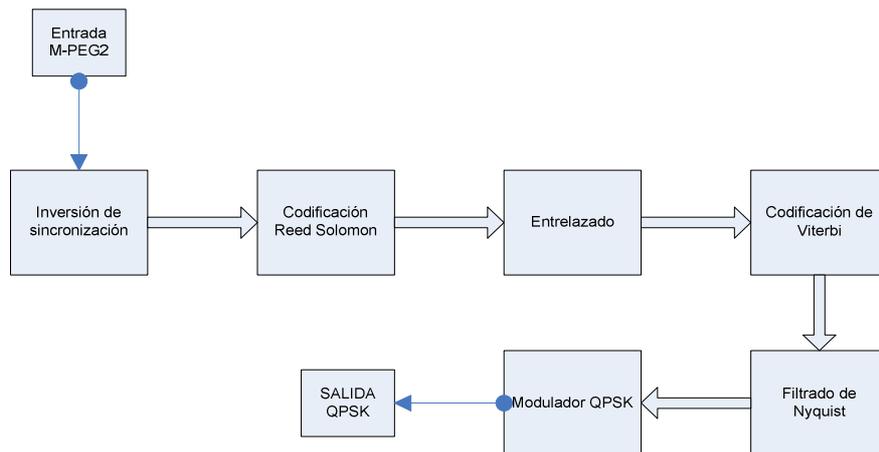


Fig. 2.2 Codificación y Modulación QPSK

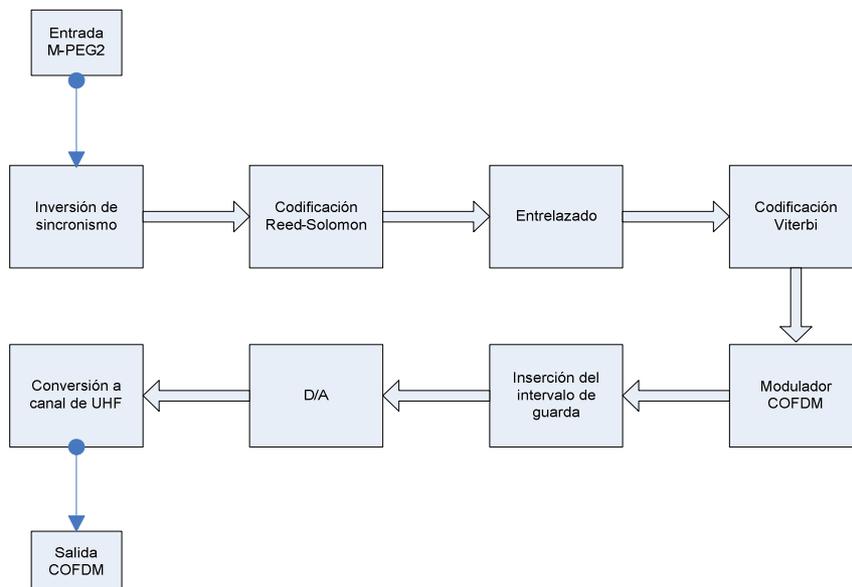


Fig. 2.3 Codificación y Modulación COFDM

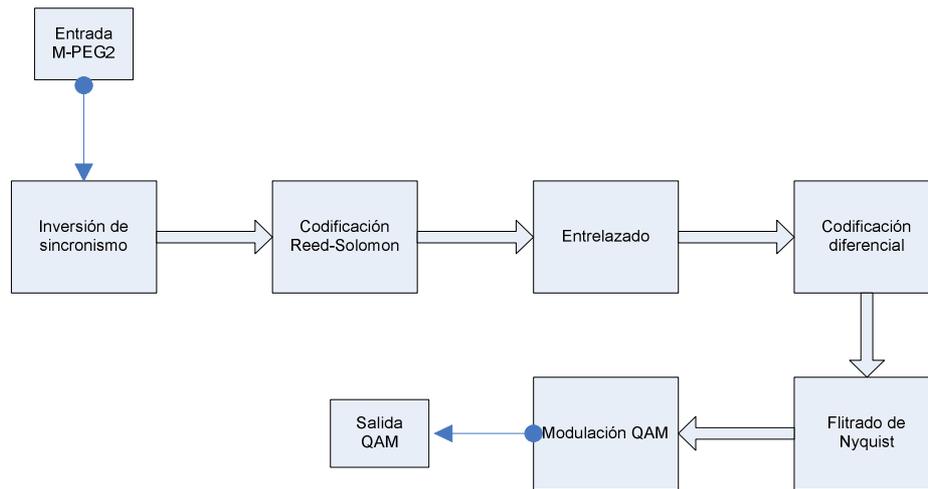


Fig. 2.4 Codificación y Modulación QAM

2.4 Estándares DVB

Todos estos estándares utilizan el estándar ISO MPEG-2, el cual se ha extendido para cubrir los detalles específicos del sistema y asegurar, de este modo, que está completamente especificado. Todos estos estándares se deben agrupar por el método de transmisión utilizado.

A continuación se describen los principales estándares publicados por la organización DVB.

2.4.1 DVB-S

El sistema DVB-S para la radiodifusión por satélite se desarrolló en 1993. Se trata de un sistema relativamente sencillo, basado en la modulación de tipo QPSK. En las especificaciones se describieron diferentes herramientas para la codificación de canal y protección de errores que posteriormente serían utilizadas para otros sistemas de comunicaciones.

El sistema DVB-S (*Digital Video Broadcasting by Satellite*) permite un espectacular incremento de la capacidad de transmisión de programas de televisión digital vía satélite utilizando las técnicas de compresión de video basadas en el estándar MPEG-2 para la codificación de fuente y multiplexación. La única variación entre este estándar y otros propuestos por el DVB, se encuentra en la capa física que estandariza el tipo de

modulación y la codificación de canal empleadas. Para transmisiones vía satélite se adopta la modulación QPSK, con un flujo binario variable de 18,4 a 48,4 Mbits/s.

2.4.2 DVB-S2

El estándar DVB-S2 (*DVB-Satélite versión 2*), constituye una evolución del estándar de satélite DVB-S e incluye una fuerte corrección contra errores basada en el empleo de dos codificadores en cascada, la denominada “*Low density Parity Check*” y la BCH, que le proporcionan una capacidad muy próxima a la fijada en el límite de Shannon.

Además, para aumentar la flexibilidad y permitir diversos servicios con diferentes velocidades binarias, se han habilitado varios esquemas de modulación (QPSK, 8PSK, 16APSK y 32APSK), varios factores de *roll-off* (0.2 / 0.25 / 0.35) y una adaptación flexible del flujo de entrada. El sistema es capaz de adaptar los parámetros de la capa física a las condiciones del canal de propagación aplicando técnicas adaptativas de codificación de datos (*Adaptive Coding and Modulation-ACM*). La mejora de las capacidades de transmisión del estándar DVB-S2 sobre el estándar DVB-S se cifra alrededor de un 30%. Para lograr esta mejora, el DVB-S2 se ha beneficiado de los últimos avances en codificación de canal y modulación.

2.4.3 DVB-C

El estándar DVB-C se refiere a la *Digital Video Broadcasting - Cable*. Es válido para cualquier tipo de red de cable. Una de las características más importantes es que es muy robusto frente al ruido, teniendo una muy buena relación señal ruido. La modulación seleccionada es la 64 QAM y el FEC (*Forward Error Correction*) es idéntico al del satélite.

2.4.4 DVB-CS

Este estándar consiste en una adaptación entre DVB-S y DVB-C, para dar servicio a los sistemas de *Satellite Master Antenna TV* (SMATV). Ésta es la especificación que debe usarse en los sistemas de Antenas Colectivas (CATV) o en redes de TV por cable. Se usa para distribuir señales de televisión dentro de un mismo edificio o en edificios contiguos. Las señales son recibidas a través de la antena de recepción de satélite y se pueden combinar con las señales de TV terrestre. El sistema SMATV representa la

posibilidad de compartir los mismos recursos de varios usuarios para la recepción terrestre o por satélite. Además, permite la adaptación de las señales del satélite a las características del canal.

2.4.5 DVB-T

Es el estándar para la difusión terrenal de televisión, fue aprobado en Febrero de 1997 por el ETSI. Fue creado en base a unos requisitos del módulo Comercial Terrestre del Proyecto DVB, sus miembros contribuyeron al desarrollo técnico a través del DTTVSA (*Digital Terrestrial Television- Systems Aspects*). Del mismo modo que el resto de los estándares de DVB, el DVB-T utiliza como método de codificación de audio y vídeo MPEG-2.

El sistema desarrollado en el proyecto, implementa la capa física del estándar DVB-T.

2.4.6 DVB-H

Sus siglas significan *Digital Video Broadcasting Handheld*, es un estándar abierto desarrollado por el DVB. La tecnología DVB-H constituye una plataforma de difusión IP orientada a terminales portátiles que combina la compresión de vídeo y el sistema de transmisión de DVB-T, estándar utilizado por la TDT (Televisión Digital Terrestre). El DVB-H hace compatible la recepción de la TV terrestre en receptores portátiles alimentados con baterías. Es decir, DVB-H es una adaptación del estándar DVB-T adaptado a las exigencias de los terminales móviles.

2.4.7 DVB-SH

Sus siglas significan *Digital Video Broadcasting – Satellite services to Handhelds*, es un estándar híbrido (satélite/terrestre) derivado de DVB-H. El estándar DVB-SH es la evolución al DVB-H. Aunque el DVB-H supone un avance muy significativo, presenta el problema de que se dispone de pocas frecuencias de este tipo a nivel europeo. Otro problema que presenta es que se necesita desplegar una gran cantidad de infraestructura de red necesaria para proporcionar niveles aceptables de cobertura, sobre todo en aquellos lugares donde no hay población. Bajo este contexto, la evolución del estándar DVB-H, llamado DVB-SH, está generando gran interés por crear un mercado europeo de servicios de TV móvil. Las dos principales características son:

- Una arquitectura terrestre / satélite: permite aumentar la cobertura del servicio.
- Transmisión en banda S: disponibles a nivel europeo.

2.5 Introducción DVB-T

El estándar DVB-T define una capa física y otra capa de enlace de datos de un sistema de distribución. Los dispositivos interactúan con la capa física a través de un interfaz paralelo síncrono (SPI), un interfaz serie síncrono (SSI) o un interfaz serie asíncrono (ASI). Todos los datos se transmiten en flujos de transporte MPEG-2 con algunas restricciones adicionales (DVB-MPEG).

La capa física corresponde al nivel 1 del modelo OSI. En este nivel, se definen las características eléctricas, mecánicas y procedimentales de la comunicación en red. Es estrictamente necesaria su presencia en cualquier modelo. El nivel físico se refiere a las transformaciones que se hacen a la secuencia de bits para transmitirlos de un lugar a otro.

Es la capa de red más básica, proporcionando únicamente los medios para transmitir bit a bit sobre un enlace de datos físico conectando nodos de red.

La capa de enlace de datos es la responsable de la transferencia fiable de información a través de un circuito de transmisión de datos. El nivel de enlace es el segundo nivel del modelo OSI. Recibe peticiones del nivel de red y utiliza los servicios del nivel físico. El objetivo del nivel de enlace es conseguir que la información fluya, libre de errores, entre dos máquinas que estén conectadas directamente (servicio orientado a conexión). En la Fig. 2.5 se puede observar el modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), con los 7 niveles existentes: nivel de aplicación, nivel de presentación, nivel de sesión, nivel de transporte, nivel de red, nivel de enlace de datos y nivel físico.

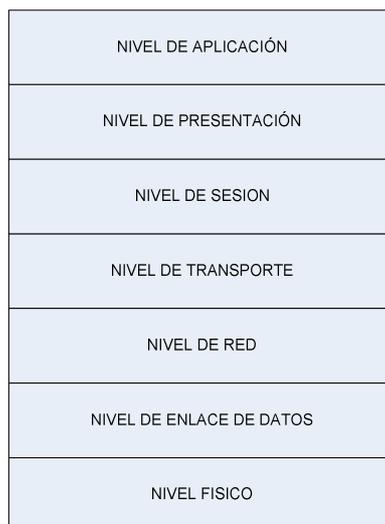


Fig. 2.5 Modelo de comunicaciones OSI

2.6 Características Técnicas DVB-T

A continuación se van a explicar las características técnicas del sistema DVB-T.

2.6 .1 Modulación COFDM

Es la modulación utilizada en radiodifusión DAB (*Digital Audio Broadcasting*) y DVB.

Este tipo de modulación está relacionada con el multiplexado por división en frecuencia, ya que se envían varias informaciones en paralelo, usando portadoras diferentes.

La modulación COFDM es muy robusta frente al multitrayecto, que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente al desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas y frente a las interferencias.

Debido a las características de esta modulación, las distintas señales con distintos retardos y amplitudes que llegan al receptor contribuyen positivamente a la recepción, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia. La siguiente figura (Fig. 2.6) muestra un ejemplo del espectro COFDM.

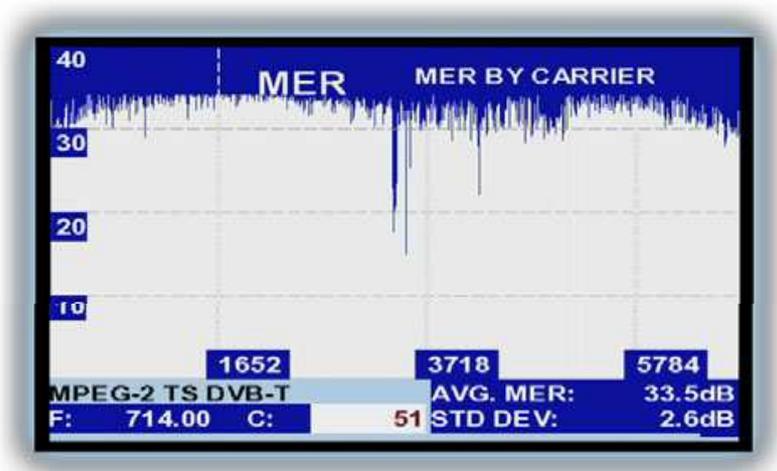


Fig. 2.6 Espectro COFDM del canal 51 (Promax Prodig-5)

Un aspecto a destacar de la modulación COFDM es que permite la operación, tanto en áreas pequeñas como en grandes, de “Redes de Frecuencia Única” (“*Single Frequency Networks - SFN*”). Esto significa que mediante este sistema es posible la recepción cuando se radian idénticos programas desde diferentes transmisores que operan en la misma frecuencia. En estas condiciones se obtiene la máxima eficiencia del espectro, lo cual adquiere especial relevancia cuando se usa en las bandas de UHF asignadas para TV.

El proceso de modulación es el siguiente:

A partir de una secuencia de símbolos a transmitir, se agrupan de N en N y se calcula su FFT inversa. El número de portadoras será idéntico al número N de símbolos. El estándar COFDM para transmisión de video especifica 2 k u 8 k portadoras, a las cuales corresponden 2048 y 8192 muestras respectivamente. En ambos casos la información transmitida es la misma.

Si el número de portadoras es 2 k, existe una mayor separación entre portadoras, y por tanto, disminuyen los efectos de las interferencias.

El periodo de símbolo útil es $T_0 = 224 \mu s$ para el modo 2 k y $T_0 = 896 \mu s$ para el modo 8 k.

Esto condiciona el espaciamiento entre portadoras para mantener la ortogonalidad.

A continuación se muestra la separación entre portadoras (T_u). Siendo el ancho de banda de un canal de UHF de 7,61 MHz.

- En modo 2K , $T_u = 1/(224\mu s) = 4464.3\text{Hz}$
- En modo 8K, $T_u = 1/(896\mu s)$ en modo 8k = 1116.1Hz

Aunque los espectros de las subportadoras se solapen, no interfieren entre ellos, puesto que en la frecuencia que se evalúa una portadora en concreto, todas las demás valen cero. La Fig. 2.7 muestra esta situación.

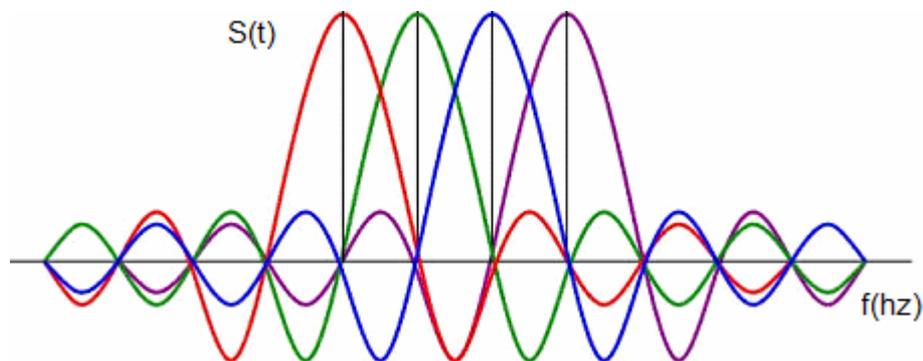


Fig. 2.7 Espectro COFDM

En COFDM, la velocidad de símbolo o tasa de símbolo de cada portadora se hace coincidir con la distancia entre portadoras. El espectro de una portadora modulada en QPSK o QAM contiene un nulo en potencia a una distancia de la portadora igual a su velocidad de símbolo, por lo tanto, si la siguiente portadora se hace coincidir con ese nulo, la interferencia entre ellas es mínima.

La velocidad de símbolo de cada portadora es un parámetro que solo depende de la distancia entre ellas, o lo que es lo mismo, de su número.

Donde:

B_w = Ancho de banda del canal

N = Número de portadoras.

F_s (distancia entre portadoras) = B_w / N

V_s (velocidad de símbolo de cada portadora) = $F_s = B_w / N$

$$T_s \text{ (duración de cada símbolo)} = 1/F_s = 1/V_s = N/B_w$$

$$V_{ts} \text{ (velocidad total de transmisión)} = N \cdot V_s$$

Cuanto mayor sea el número de portadoras, más pequeña es la distancia entre ellas y por lo tanto menor es la velocidad de símbolo y mayor la duración del mismo.

Veamos la comparativa entre COFDM 2 k y 8 k en la Tabla 2.1.

	N = 2000	N = 8000
F_s	4 KHz	1 KHz
V_s	4 K símbolos /s	1 K símbolos/s
T_s	0,25 ms	1 ms

Tabla 2.1 Características COFDM

$$V_{ts} = 2000 \cdot 4000 = 8000 \cdot 1000 = 8 \text{ M símbolos / s, o lo que es lo mismo:}$$

16 Mbps si las portadoras están moduladas en QPSK (2 bits/símbolo).

32 Mbps si las portadoras están moduladas en 16 QAM (4 bits/símbolo).

48 Mbps si las portadoras están moduladas en 64 QAM (6 bits/símbolo).

2.6.2 El símbolo COFDM

Cada símbolo COFDM está constituido por la suma de los N símbolos contenidos en las N portadoras durante un tiempo igual al tiempo de símbolo de cada portadora. La duración de un símbolo COFDM es igual a la duración de símbolo de cada portadora (T_s).

Cuanto mayor sea el número de portadoras mayor es la duración de cada símbolo COFDM y por lo tanto más robusto es el sistema frente al desvanecimiento o “*fading*” temporal de señal debido a ecos producidos por objetos en movimiento.

2.6.3 Intervalo de guarda

En entornos radio, las señales procedentes de trayectos múltiples, conocidos como ecos, se añaden a la señal directa y hacen que las condiciones de ortogonalidad entre

portadoras no sean ya respetadas, lo que tiene como consecuencia la presencia de interferencia intersimbólica (ISI) o autointerferencia.

Para minimizar problemas de interferencia intersimbólica provocadas por los ecos, se introduce un intervalo de guarda adicional al comienzo de cada símbolo COFDM. Esto significa que la duración total de un símbolo COFDM es la suma de la duración útil del símbolo más la duración del intervalo de guarda (T_g).

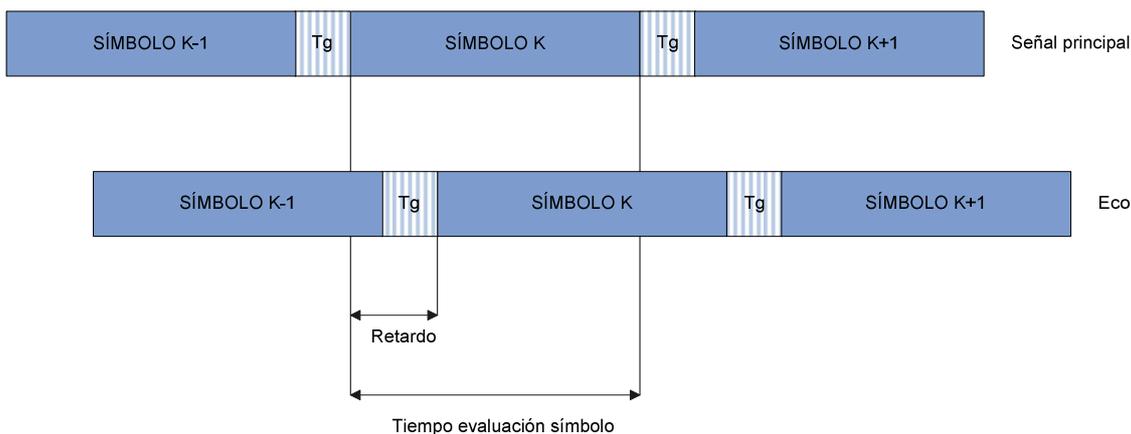


Fig. 2.8 Tiempo de evaluación del símbolo K

Durante el tiempo de demodulación del símbolo K, al receptor sólo le llega información del símbolo K procedente tanto de la señal directa como de la reflejada. De esta manera no existirá interferencia entre símbolos mientras el retardo de los diferentes ecos que lleguen al receptor sea inferior al intervalo de guarda existente entre símbolos.

Dado que la interferencia intersimbólica se produce durante dicho periodo de guarda fuera del periodo útil de recepción, se consigue proteger la señal contra ecos naturales (rebotes lejanos) y contra ecos “artificiales” procedentes de transmitir la misma señal desde dos transmisores lejanos como sucede en las Redes de Frecuencia Única (SFN).

Todos los transmisores situados en una determinada zona del territorio pueden utilizar la misma frecuencia siempre y cuando el retardo entre cualquiera de las diferentes señales emitidas por cada uno de ellos sea inferior al intervalo de guarda.

La adición del intervalo de guarda reduce la capacidad de transmisión en una cantidad dependiente de su longitud. En el estándar DVB-T hay varias opciones de intervalo de

guarda dependiendo de la longitud de la Transformada de Fourier (FFT) elegida. La Tabla 2.2 muestra los valores normalizados por DVB-T.

Proporción con la longitud del intervalo útil	Longitud del periodo de guarda	
	FFT 8K	FFT 2K
1/4	224 μ s	56 μ s
1/8	112 μ s	25 μ s
1/16	56 μ s	14 μ s
1/32	28 μ s	7 μ s

Tabla 2.2 Valores intervalo de guarda

2.6.4 Estructura de la trama COFDM

La señal de COFDM se divide en tramas, cada trama está compuesta por 68 símbolos y cada uno de estos está formado por el número de portadoras correspondientes a los modos 8K y 2K.

Cada símbolo está compuesto por una duración útil y un intervalo de guarda. Para el modo 8K y 2K, el intervalo de guarda puede ser 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32 de la duración útil. Como hemos visto anteriormente la duración útil para 8 k es de 896 μ s, y para 2 k es de 224 μ s.

Además de los datos transmitidos y el intervalo de guarda elegido, una trama de COFDM contiene otras portadoras donde se inserta información necesaria para el sistema. Existen dos tipos de portadoras:

- Portadoras piloto: Son portadoras que transmiten información de sincronización de trama, sincronización de frecuencia, sincronización de tiempo, estimación de canal e identificación del modo de transmisión.
- Portadoras TPS: Son portadoras que contienen información de parámetros de señalización del esquema de modulación elegido. Envían, en concreto, información referente al código de protección contra errores Viterbi, al intervalo de guarda, al modo de transmisión, al número de trama, el tipo de modulación, el exceso del ancho de banda del filtro y si existe o no modulación jerárquica.

2.6.5 Codificación de canal

La codificación de canal tiene por objeto la protección de la información digital contra los errores producidos por las anomalías o perturbaciones de la transmisión, con el fin de proporcionar una calidad de portadora adecuada.

La codificación de canal añade bits al flujo original (redundancia) para, del conjunto total, poder detectar/corregir errores. Esta codificación permite incluso recuperar la información transportada por subportadoras que se han anulado debido a efectos de *fading* selectivo del canal de radio. El estándar DVB-T emplea dos tipos de codificación de canal que justifican el empleo de la letra “C” en la modulación COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

Hay dos tipos de códigos comúnmente utilizados para codificar el canal radio: Códigos de bloque y Códigos convolucionales.

- Código de bloque: En un código de bloques a cada bloque de bits de información se le añade un bloque de bits de redundancia.
- Código Convolucional: En los códigos convolucionales no se consideran bloques de bits de entrada para añadir a la redundancia, sino todo el flujo de datos de entrada. Son códigos recursivos en el sentido de que la salida depende no solo de la entrada, sino de las entradas anteriores. La señal de salida normalmente tiene una velocidad (*bitrate*) doble, triple, etc. de la entrada.

En DVB-T se usa una doble codificación de canal empleando un código de bloques y un código convolucional. Además de las técnicas de codificación de canal también se emplean técnicas de entrelazado (*interleaving*) para evitar bloques de errores a la salida de un demodulador.

2.6.6 Modos de transmisión

En DVB-T tenemos dos tipos o modos de transmisión:

- Transmisión No-Jerárquica.
- Transmisión Jerárquica.

A continuación, se describe cada una de ellas.

2.6.6.1 Modulación No-Jerárquica

En este modo, se transmite un flujo de datos de 19,61 Mbps, en un espectro de 8 Mhz de ancho de banda. Este flujo puede transportar un programa de HDTV o varios programas de DTV.

Se pueden transmitir varios programas simultáneamente, pero todos con las mismas características de robustez frente al canal radio.

La Fig 2.9 muestra a manera de ejemplo, la capacidad de programas que se pueden transmitir a 19,6 Mbps. Los primeros dos programas se transportan a 6 Mbps cada uno, el tercero y cuarto programas son transportados a 4 y 3,6 Mbps respectivamente.



Fig. 2.9 Esquema modulación no-jerárquica

2.6.6.2 Modulación Jerárquica

Esta técnica de modulación permite la transmisión de dos flujos diferentes de datos (alta prioridad y baja prioridad) en un único flujo de un solo canal.

Los datos de alta prioridad se destinan a los receptores móviles y/o portátiles, y a las zonas alejadas del transmisor donde el SNR es menor. Los de baja prioridad están destinados a las zonas cercanas al transmisor para receptores fijos. Uno con codificación y modulación más robusta y menor tasa de bit, y otro con mayor tasa de bit pero menos robustez.



Fig 2.10 Esquema modulación jerárquico

La modulación jerárquica presenta una mejor cobertura en el espacio terrestre.

Un sistema de modulación no jerárquica puede tener las mismas propiedades que uno con modulación jerárquica, pero en este caso necesita dos canales.

Si se quiere que un sistema cumpla todas estas propiedades en un solo canal se tendrá que implementar una modulación jerárquica.

2.6.7 Codificación MPEG2

Moving Pictures Experts Group 2 (MPEG-2), es la designación para un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo acordado por MPEG (grupo de expertos en imágenes en movimiento), y publicados como estándar ISO 13818. MPEG-2 es por lo general usado para codificar audio y vídeo para señales de transmisión, que incluyen televisión digital terrestre, por satélite o cable.

2.6.8 El Multiplex de MPEG-2

La compresión digital permite introducir varios programas dentro de un solo canal de propagación. Es por esto por lo que el MPEG-2 no solo contempla la reducción del flujo binario de las señales de audio y vídeo de un determinado programa, sino que contempla también la organización y empaquetado del múltiplex de uno o más programas, de manera que puedan ser separados en recepción.

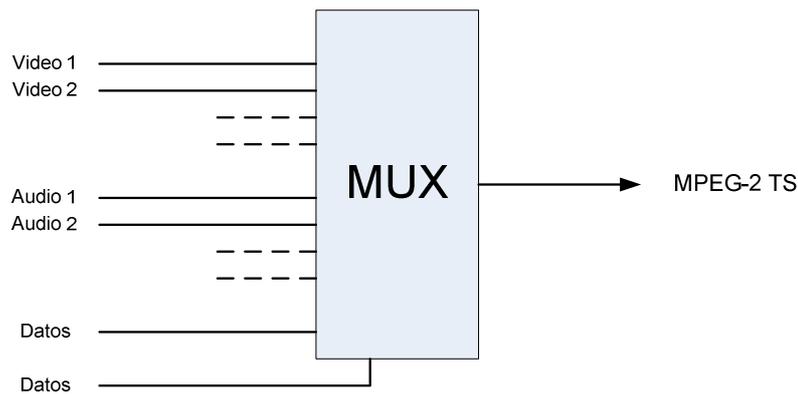


Fig. 2.11 Multiplexación

Una vez realizada la compresión de las señales de audio y video de los diferentes programas a multiplexar, la trama binaria se organiza en paquetes de 188 bytes de longitud, incluyendo un byte de sincronismo, 3 bytes de cabecera y 184 bytes de carga útil. Esta trama binaria se conoce como paquete de transporte MPEG-2 TS (*Transport Stream*).

El multiplex incluye toda la información necesaria para realizar los procesos de decodificación y de presentación de información e incluye además la denominada información SI (*Service Information*) que define la estructura del multiplex (número de servicios de que consta, tipo de servicios, etc) información de acceso condicional, información de referencia reloj, así como otros tipos de información relevante que pudieran ser utilizados por parte del receptor para autoconfiguración y “zapping” inteligente.

Así la estructura MPEG-2 TS responde a la siguiente configuración (Fig. 2.12)

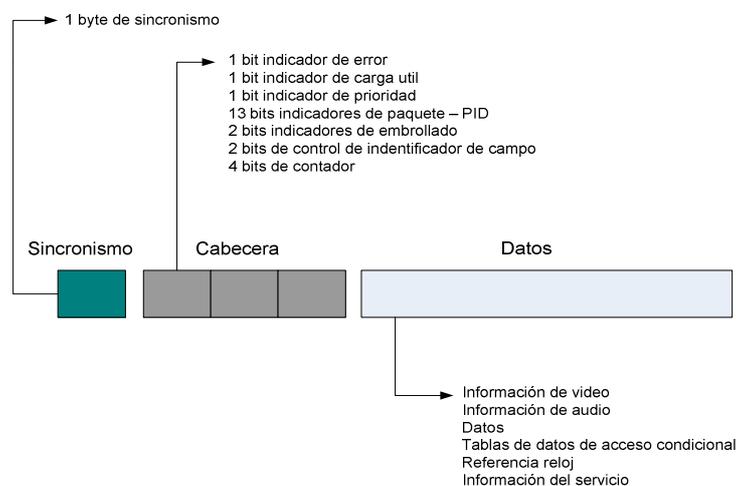


Fig. 2.12 Trama MPEG-2 de Transporte

MPEG-2 TS Multiplex es la señal de entrada al transmisor. Debe contener varios programas de televisión y posiblemente algunos programas de audio/datos solamente. La especificación del estándar DVB-T ofrece unas velocidades de bit dentro del margen de 4,98 a 31,67 Mbit/s.

Por norma general, la mayoría de los programas no críticos pueden ser codificados satisfactoriamente con una velocidad de bit de 4 a 4,5 Mbit/s, mientras que para radiodifusiones importantes o material crítico (como los deportes) se necesita al menos 6 Mbit/s.

El audio estéreo debe ser codificado a 192 kbit/s al menos, y el multicanal debe estar entre 400 y 900 kbit/s. La velocidad de bit del EPG puede ser de entre 0,25 y 0,5 Mbit/s, pero depende del API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) escogido por el receptor. Un programa de televisión comprende una o más PES (Tramas Elementales de Paquetes), conteniendo cada una de ellas una sola componente del programa codificada digitalmente, por ejemplo, vídeo o audio estéreo codificados. En el TS también hay tablas de “Información del Servicio” (SI), dando detalles de los multiplex y de la naturaleza de las distintas tramas elementales, información del control de acceso y canales de datos privados cuyo contenido no está especificado por MPEG (como el teletexto o los canales internos de los radiodifusores). La TS se compone de una sucesión de paquetes, cada uno de 188 octetos, llamados “Paquetes de Transporte”.

Cada paquete lleva los datos relativos a una trama elemental. El MPEG especifica una protección contra errores, pero una protección adecuada como un código *Reed-Solomon* y un entrelazado de paquetes puede ser fácilmente aplicada a la TS para adaptarse a las características del error esperado por el medio de transporte. La velocidad de bit de la TS está determinada por la aplicación. Un multiplexador MPEG inserta paquetes nulos para adaptar la suma de las velocidades de bit de sus entradas a la velocidad de bit de salida requerida

2.7 Especificaciones DVB-T

Las especificaciones del sistema de DVB-T están recogidas en los estándares *ETSI EN 300 744* y en *ETSI EN 300 468*. En el primero de ellos está definido el sistema de referencia en banda base completo; la información de servicio, añadida a las tramas

MPEG-2 de entrada al sistema, se recoge en el segundo. A continuación se va a mostrar un breve resumen sobre cada uno de ellos:

2.7.1 Estándar ETSI EN 300 468- Codificación de fuente.

Cómo en el resto de los estándares DVB, la señal de entrada normalizada es la denominada “*MPEG-2 Transport Stream (TS)*” o “Flujo de Transporte MPEG-2”.

Dicho “Flujo de Transporte” (TS), obtenido mediante el procesado denominado “Codificación de Fuente” es una adaptación del estándar MPEG-2 según ISO/IEC 13818, que se estructura multiplexando varios programas y añadiendo la “Información del Servicio” (SI) correspondiente.

ISO/IEC 13818 fue desarrollado en respuesta a la creciente necesidad de contar con un método de codificación genérica de imágenes en movimiento y sonido asociado para diversas aplicaciones, tales como medios de almacenamiento digital, radiodifusión televisiva y comunicación. El uso de esta especificación significa que el vídeo puede ser manipulado en forma de bits y se puede almacenar en diferentes medios de almacenamiento, transmitir y recibir sobre las redes existentes y futuras, y distribuir sobre los actuales y futuros canales de radiodifusión. En el documento *ETSI EN 300 468*[6] se especifica la “Información del Servicio” (SI) que forma parte de las tramas de bits DVB, con el fin de que el usuario pueda disponer de información de ayuda en la selección de servicios y / o eventos dentro de la trama de bits, y para que el Receptor Decodificador Integrado (IRD, o *Set Top Box*) pueda configurarse automáticamente para el servicio seleccionado.

2.7.2 Estándar ETSI EN 300 744

En este subapartado se presenta el estándar de la capa física del sistema DVB-T, estándar *ETSI EN 300 744*. En él, se describe un sistema en banda base de transmisión para la radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (TDT). En el documento se hallan las especificaciones que marcan los procesos necesarios de codificación de canal y de modulación para que, realizando el procesado pertinente de la señal en banda base, se pueda recibir la misma libre de perturbaciones cuando se usan los canales de transmisión terrestre.

También se describe el “Esquema de Modulación” usado en la transmisión, que es del tipo modulación multiportadora OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*).

El resultado, combinando el potente método de codificación para corrección de errores y la modulación multiportadora, es una transmisión de tipo COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*). La Fig. 2.13 muestra de manera esquemática el diagrama de bloques del sistema DVB-T.

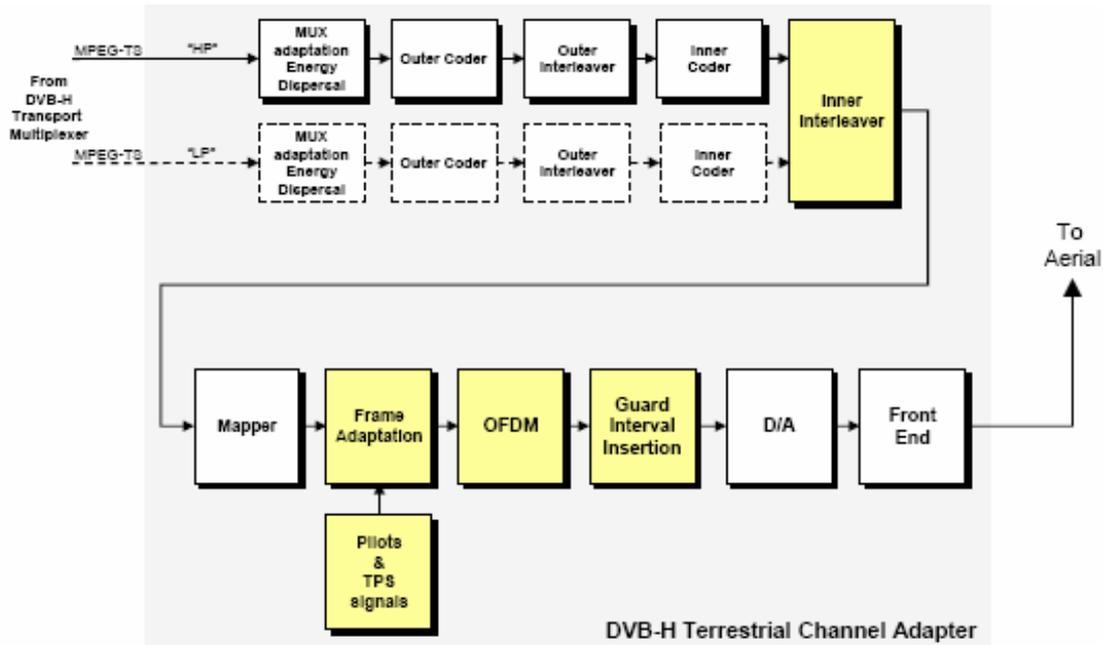


Fig. 2.13 Diagrama de bloques DVB-T

El sistema DVB-T es muy flexible, disponiéndose de una serie de opciones:

- 2 modos de transmisión: 2 K (1705 portadoras); 8 K (6817 portadoras).
- 3 esquemas de modulación: QPSK; 16-QAM; 64 QAM.
- 5 Relaciones de codificación para la protección interna de errores: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- 4 longitudes para el intervalo de guarda: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- Modulación jerárquica o no jerárquica con diferentes valores del parámetro α .

La Tabla 2.3 muestra un breve resumen sobre el estándar:

Ancho de banda del canal	7,61 Mhz
Separación entre portadoras	1116 Hz (8K), 4464 Hz (2K)
Duración útil del símbolo (T_u)	896 μ s para el sistema 8K
	224 μ s para el sistema 2K
Duración del intervalo de guarda (T_g)	Entre $T_u/4$ y $T_u/32$, es decir:
	Entre 224 μ s y 28 μ s para el sistema 8K
	Entre 56 μ s y 7 μ s para el sistema 2K
Duración total del símbolo COFDM ($T_u + T_g$)	Entre 1120 μ s y 924 μ s (8K)
	Entre 280 μ s y 231 μ s (2K)
Velocidad de código convolucional (Viterbi)	7/8
Codificación de bloques (Reed Salomon)	188-204
Tipos de modulación para cada una de las portadoras	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Máximo flujo binario	Entre 4,98 Mbps y 10,56 Mbps para QPSK
	Entre 9,96 Mbps y 21,12 Mbps para 16 QAM
	Entre 14,94 Mbps y 31,68 Mbps para 64 QAM
Transmisión	Jerárquica o no jerárquica

Tabla 2.3 Resumen ETSI EN 300 744

Respecto a los umbrales referentes a la relación portadora-ruido (C/N), el valor depende del intervalo de guarda y el código escogido (modulador). Los valores mínimos para los diferentes tipos de modulación de las portadoras son:

- QPSK: Entre 3,1 y 16,3 dB.
- 16 QAM: Entre 8,8 y 22,8 dB.
- 64 QAM: Entre 14,4 y 27,9 dB.

La Tabla 2.4 nos muestra la relación C/N en transmisiones no jerárquicas.

Modulación	C/N requerida para un BER 2.10-4 después de Viterbi QEF después de Reed-Solomon			
	Velocidad de Código	Canal Gaussian	Ricean Canal (F1)	Rayleigh (P1)
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7
QPSK	5/6	6,9	8	13,1
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2
16-QAM	3/4	12,5	13	16,7
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3
16-QAM	7/8	13,9	15	22,8
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3
64-QAM	3/4	18	18,6	21,7
64-QAM	5/6	19,3	20	25,3
64-QAM	7/8	20,1	21	27,9

Tabla 2.4 Niveles requeridos en la relación C/N en transmisiones no jerárquicas.

La mínima C/N necesaria, incluso para el caso más desfavorable de la modulación 64 QAM, es considerablemente inferior a la que se necesitaba para un canal analógico PAL.

Este hecho, inherente en general a las transmisiones digitales, permite que las potencias de salida de las transmisiones digitales sean considerablemente inferiores a las transmisiones.

2.8 Redes De Difusión

La red de difusión esta configurada en tres niveles:

- **Red principal de emisores:** Reciben la señal directamente de la cabecera mediante enlaces específicos. Las principales características son que trabajan con potencias altas/medias, cubren grandes superficies y áreas de alta densidad de población

- **Red de reemisores:** Repiten la señal que reciben de la red principal. Las principales características son que trabajan con potencias medias/bajas, cubren superficies intermedias con menor densidad de población.
- **Red de microemisores:** Repiten la señal que reciben de la red principal, son utilizados para cubrir zonas de sombra. Estos microemisores trabajan con baja potencia y cubren superficies menores donde la densidad de población es también baja.

Para que la señal de TDT llegue a toda la población prevista, es necesario el diseño de redes de difusión que permitan la transmisión de forma eficiente.

Con la utilización de la modulación COFDM se ha conseguido que la transmisión sea robusta a interferencias y que tenga capacidad para corregir errores. Este hecho, respecto a la televisión analógica, ha posibilitado una utilización más eficiente del espectro y una reducción notable de potencia en la transmisión.

2.8.1 Redes de frecuencia múltiple (MFN)

Es un tipo de red donde distintas frecuencias son utilizados para transmitir contenido audiovisual. Hay dos tipos destacados de redes de frecuencia múltiple, las horizontales y las verticales.

Las redes de frecuencia múltiple horizontales son aquellas donde la distribución de las señales transmitidas se hace en canales de radiofrecuencia distintos y en áreas diferentes. El contenido de la señal puede ser el mismo o diferente en los diferentes canales de RF.

El otro tipo, las redes de frecuencia múltiple *verticales* son las que en cada canal de radiofrecuencia son usadas en las distintas áreas para transmitir contenido diferente con el propósito de incrementar la capacidad de la red (para ofrecer más contenidos al usuario o destinatario final).

El principal problema en las redes MFN radica en la limitación del ancho de banda.

Las características más importantes de las redes MFN son:

- Utilizan transmisores con frecuencias de emisión diferentes.
- La planificación del área de cobertura es similar a la de la televisión analógica, pero con diferentes valores de campo y mayor margen de seguridad.
- Pueden solaparse las emisiones precedentes de distintos transmisores sin que haya interferencias entre ellos.
- En la zona de influencia de cada transmisor pueden instalarse reemisores para cubrir áreas de sombra.

2.8.2 Red de Frecuencia Única (SFN)

Es un tipo de red donde distintos transmisores emiten la misma señal en el mismo canal de frecuencia.

La TDT usa este concepto con el propósito de conseguir un mejor provecho del espectro en las bandas de televisión.

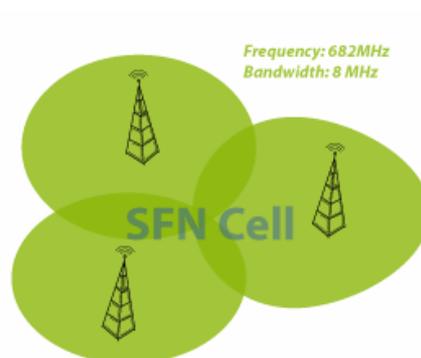


Fig.2.14 Esquema de Red SFN

Utilizando COFDM, es posible emitir con varios transmisores en el mismo canal si la señal moduladora es idéntica y esta sincronizada. Además, gracias a la inserción del intervalo de guarda el receptor podrá beneficiarse de los ecos recibidos.

Para que los receptores puedan demodular señales en SFN, es obligatorio que estas estén sincronizadas.

Una red SFN exige que:

- Todos sus transmisores radian a la misma frecuencia y emitan la misma información y al mismo tiempo.
- Emitan la misma información y al mismo tiempo (retardo máximo de $\pm 1\mu s$).

Para ello:

- Los transmisores y los receptores deben estar sincronizados con los otros mediante: un GPS, una señal emitida por la estación base principal o por un reloj de referencia.
- La separación máxima entre transmisores está relacionada con el intervalo de guarda usado. La señal del transmisor en la misma área de cobertura puede ser tomada como un eco del transmisor interferente al transmisor principal; para que ello sea posible es necesario que los transmisores se encuentren dentro de la distancia equivalente a la velocidad de propagación durante la duración del intervalo de guarda.
- El alcance de cada transmisor no debe rebasar los emplazamientos de los demás para no agotar el intervalo de guarda en zonas de solape.

2.9 Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital

En España existe la limitación impuesta por el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital de 2005 que obliga a utilizar el modo 8 k, por lo que en España no pueden instalarse redes que utilicen el modo 2 k. Es previsible que esta restricción se revise si en el futuro se implantan sistemas DVB-H, para recepción en el móvil. Esta restricción implica lo siguiente:

- El tiempo útil de símbolo, T_u , será igual a $896 \mu s$: con el modo 8K el espectro de un canal se cubre con 8192 subportadoras, por lo que la separación entre portadoras es de 1116 Hz . Como la separación de frecuencias de las subportadoras es exactamente el inverso de la duración de los símbolos de baja velocidad que las modulan: $T_u = 1/1,116 \text{ KHz} = 896 \mu s$.

- El tiempo de guarda, T_g , variará entre 28 y 224 μs , que corresponden a los periodos de guarda de 1/4 y 1/32 del tiempo útil del símbolo, respectivamente. Son posibles también los valores intermedios correspondientes a 1/8 y 1/16.
- La distancia recorrida por la señal para esos tiempos de guarda variará entre 8,4 y 67,2 Km ($28 \mu\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 8,4 \text{ Km}$ y $224 \mu\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 67,2 \text{ Km}$).

Si un receptor recibe dos señales, la condición para que la interferencia sea constructiva es que la diferencia de retardos no supere el tiempo de guarda. Si el retardo entre las dos señales supera el tiempo de guarda, se producirá interferencia entre símbolos de carácter destructivo.

Cuando se habla de interferencia interna de la red SFN, normalmente se hace referencia a la interferencia de carácter destructivo. La constructiva no es propiamente una interferencia, sino que incluso puede servir para mejorar la cobertura:

Como regla sencilla, se admite que en una red SFN el tiempo de guarda debe ser superior al tiempo que tarda la señal en recorrer la distancia entre transmisores. Así, dentro del modo 8K:

- $T_g = 28 \mu\text{s}$ (1/32) \rightarrow Distancia < 8,4Km.
- $T_g = 56 \mu\text{s}$ (1/16) \rightarrow Distancia < 16,8Km.
- $T_g = 112 \mu\text{s}$ (1/8) \rightarrow Distancia < 33,6Km.
- $T_g = 224 \mu\text{s}$ (1/4) \rightarrow Distancia < 67,2Km.

Es por esto por lo que en redes extensas es ventajoso utilizar el máximo (1/4), pues permite situar los transmisores más separados, utilizando un número más reducido para cubrir el territorio. Por el contrario, en redes de ámbito muy reducido se utilizará el mínimo, pues será suficiente para aportar la protección necesaria, y permitirá una mayor capacidad binaria, ya que la elección del tiempo de guarda afecta a la capacidad de transmisión. El tiempo de símbolo es la suma del tiempo útil, que depende únicamente del modo de transmisión, y del tiempo de guarda. La velocidad de símbolo es la inversa de este periodo de símbolo. Particularizando para el modo 8 k:

- $T_g = 28 \mu\text{s} (1/32) \rightarrow T_s = 924 \mu\text{s} \rightarrow R_s = 1082 \text{ simb/s.}$
- $T_g = 56 \mu\text{s} (1/16) \rightarrow T_s = 952 \mu\text{s} \rightarrow R_s = 1050 \text{ simb/s.}$
- $T_g = 112 \mu\text{s} (1/8) \rightarrow T_s = 1064 \mu\text{s} \rightarrow R_s = 940 \text{ simb/s.}$
- $T_g = 224 \mu\text{s} (1/4) \rightarrow T_s = 1120 \mu\text{s} \rightarrow R_s = 892 \text{ simb/s.}$

Por tanto, hay una diferencia significativa entre el máximo y el mínimo, del orden del 20% en capacidad. Esta diferencia viene derivada únicamente de la elección del tiempo de guarda; naturalmente, desde este punto de vista, es preferible utilizar el mínimo valor de tiempo de guarda que nos aporte suficiente protección para la interferencia propia prevista.

La Fig. 2.15 muestra un esquema sobre la interferencia destructiva (intersimbólica) y la interferencia constructiva para un intervalo de guarda de 1/4.

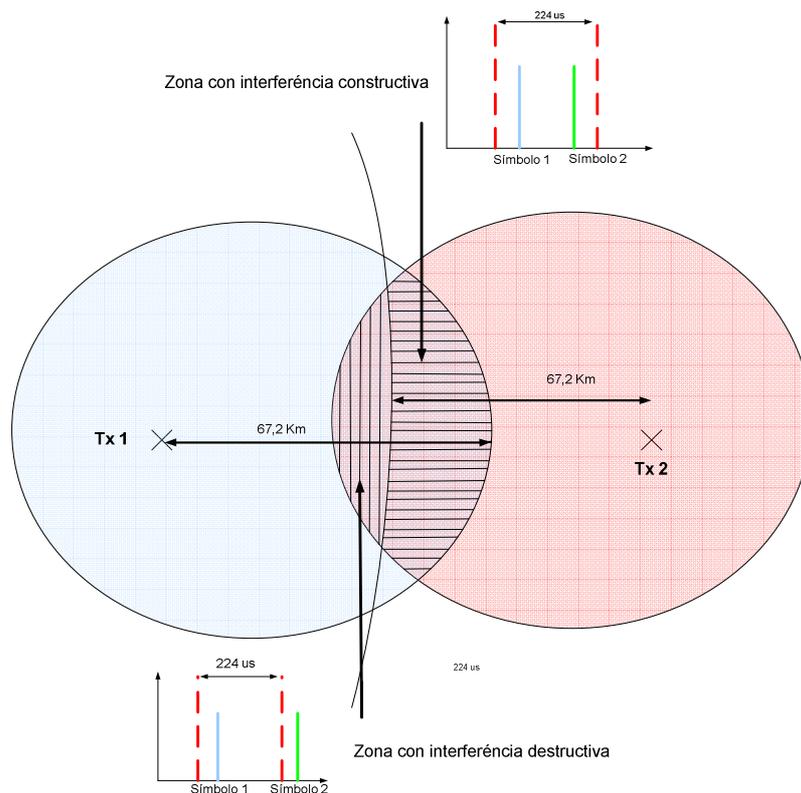


Fig. 2.15 Intervalo de guarda

En conclusión, para dar mayor cobertura, el tiempo de guarda ha de ser mayor (la señal más robusta llega más lejos), pero para dar más capacidad, el tiempo de guarda ha de ser. Éste es un compromiso que habrá que cuidar siempre en toda planificación.

3. La TDT En España

En este apartado se va a presentar la evolución de la TDT en España desde el día de su implantación.

3.1 Cronología De La Implantación De La TDT En España

La TDT lleva con nosotros desde el año 2000, desde entonces su vigencia ha estado ligada a diversas etapas:

- **1998 - 2000:** Periodo de pruebas técnicas

Real Decreto 2169/1998: Plan Técnico Nacional de la TDT.

- **2000 - 2002:** Primeras emisiones de TDT. Periodo de actividad de Quiero TV, ofreciendo casi una veintena de canales, así como Internet a través del televisor, lo cual supuso una oferta diferenciadora frente a Canal Satélite Digital y Vía Digital y operadores de cable, que formaban el conjunto de plataformas de televisión de pago existentes entonces.
- **Junio 2002 - Noviembre 2005:** Tras el cierre de Quiero TV en junio de 2002, existieron emisiones básicas con los mismos operadores nacionales que en analógico, añadiéndose a ellos Veo TV y Net TV, que en 2004 redujeron su cobertura de más del 80% al 25% de la población.

Primeras emisiones en TDT de TV3 i Canal 33.

Inicio de emisiones locales digitales (*Plan Técnico de la Televisión Digital Local*).

- **Noviembre 2005 - Abril 2010:** Reactivación de la TDT mediante el lanzamiento de nuevos canales exclusivos, regulación de los canales autonómicos y locales, universalización de la cobertura, implantación en hogares mediante adaptación de instalaciones y compra de sintonizadores/televisores digitales). Fue el periodo de transición entre un sistema y otro. Sin duda alguna,

el año 2005 fue el año del relanzamiento de la TDT, tras dos años de fracaso y tres de interminable letargo.

Emisión en pruebas en HD, TVC HD.

R.D. 944/2005: *Plan Nacional de la Televisión Digital Terrestre 2005*

- **Abril 2010 - Junio 2010:** Pleno funcionamiento de la TDT, con más del 95% de cobertura. Esta tecnología sustituyó definitivamente a la televisión convencional analógica, aprovechando la ausencia de emisiones analógicas para aumentar la oferta audiovisual llevada a los hogares hasta entonces.
- **Junio 2010 - Marzo 2011:** Periodo en el que se han activado nuevos canales múltiplex para dar cabida a más canales de televisión impulsados desde la iniciativa pública (TVE) como desde la privada, equiparando la capacidad técnica de ancho de banda para los seis operadores de televisión digital terrestre nacional.
- **Marzo 2011 - Enero 2015:** Periodo en el que las frecuencias de televisión deberán comenzar a reasignarse para permitir la liberación de los canales 61 a 69 para la prestación de servicios de comunicaciones diferentes al de televisión.

El Consejo de Ministros aprobó la Orden ITC/99/2011 por la cual se estableció el 1 de marzo como fecha para dar comienzo el proceso por el cual se desalojarán las actuales emisiones de TDT de la banda de frecuencias de los 800 MHz para cederlas al sector de las telecomunicaciones.

El 1 de marzo se realizó la reubicación de algunos canales para dar comienzo a la etapa 2 de la primera fase del plan del Ministerio para desalojar las frecuencias del denominado "Dividendo Digital". Así, Veo 7 pasó de la red SFN1 a la SFN4, Intereconomía de la SFN1 a la SFN3, AXN de la SFN1 a la SFN4, Gol Televisión de la SFN4 a la SFN2, Canal+ Dos de la SFN2 a la MPE1, Cuatro replicó su emisión en la red MPE1 y La Sexta 3 hizo lo propio en la red SFN2.

- **Desde enero de 2015:** Prestación del servicio de TDT empleando los canales de UHF 21 a 60, ambos inclusive.

3.2 Legislación

La normativa más destacada a nivel estatal aplicable a la TDT es la siguiente:

- Ley 12/1997, de 24 de abril, de Liberalización de las Telecomunicaciones. (Vigente hasta el 5 de noviembre de 2003)
- Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones
- Ley 10/2005, de 14 de junio, de Medidas Urgentes para el Impulso de la Televisión Digital Terrestre, de Liberalización de la Televisión por Cable y de Fomento del Pluralismo.
- Ley 17/2006, de 5 de junio, de la radio y la televisión de titularidad estatal.
- Ley 8/2009, de 28 de agosto, de financiación de la Corporación de Radio y Televisión Española.
- Ley 7/2010, de 31 de marzo, General de la Comunicación Audiovisual.

Órdenes

- Orden de 9 de octubre de 1998 por la que se aprueba el Reglamento Técnico y de Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrenal.
- Orden ITC/2476/2005, de 29 de julio, por la que se aprueba el Reglamento técnico y de prestación del servicio de televisión digital terrestre.
- Orden ITC/99/2011, de 28 de enero, por la que se determina la fecha de ejecución de la reordenación de canales de televisión digital terrestre prevista en el momento del tránsito entre las etapas 1 y 2 de la fase 1 del proceso establecido en el Real Decreto 365/2010, de 26 de marzo, por el que se regula la asignación de los múltiples de la televisión digital terrestre tras el cese de las emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica.

Reales Decretos

- Real Decreto 1362/1988, de 11 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Privada.

- Real Decreto 2169/1998, de 9 de octubre, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital terrenal. (Vigente hasta el 1 de agosto de 2005)
- Real Decreto 439/2004, de 12 de marzo, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital local.
- Real Decreto 2268/2004, de 3 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 439/2004, de 12 de marzo, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital local.
- Real Decreto 944/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital terrestre.
- Real Decreto 945/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento general de prestación del servicio de televisión digital terrestre.
- Real Decreto 946/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba la incorporación de un nuevo canal analógico de televisión en el Plan técnico nacional de la televisión privada, aprobado por el Real Decreto 1362/1988, de 11 de noviembre.
- Real Decreto 1/2009, de 23 de febrero, de medidas urgentes en materia de telecomunicaciones.
- Real Decreto-ley 11/2009, de 13 de agosto, por el que se regula, para las concesiones de ámbito estatal, la prestación del servicio de televisión digital terrestre de pago mediante acceso condicional.
- Real Decreto 365/2010, de 26 de marzo, por el que se regula la asignación de los múltiples de la Televisión Digital Terrestre tras el cese de las emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica.
- Real Decreto 691/2010, de 20 de mayo, por el que se regula la Televisión Digital Terrestre en alta definición.
- Real Decreto 169/2011, de 11 de febrero, por el que se modifican el Real Decreto 365/2010, de 26 de marzo, por el que se regula la asignación de los

múltiples de la Televisión Digital Terrestre tras el cese de las emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica y el Real Decreto 691/2010, de 20 de mayo, por el que se regula la Televisión Digital Terrestre en alta definición.

3.3 Parámetros adoptados en España

En este punto se van a comentar los parámetros del estándar DVB-T que se han adoptado en España y las frecuencias utilizadas.

A nivel nacional, los parámetros elegidos del estándar de la capa física del sistema DVB-T son:

- Modo de transmisión 8K e intervalo de guarda de 1/4. Permite redes de frecuencia única (SFN), siempre que la distancia entre emisores sea inferior a 68 Km.
- Cada portadora del COFDM se modula en 64QAM. Tasa binaria elevada, ya que se transmiten 6 bits por estado de modulación.
- Tasa de codificación de 2/3. Buena protección frente a errores para compensar la sensibilidad a las variaciones de fase y amplitud de la modulación 64 QAM.
- Modo no jerárquico. Por cada canal únicamente se transmite un múltiplex de forma que si el receptor consigue recibir, se verán todos los programas del múltiplex, y si no, no se verá ninguno.
- Banda UHF, canal de transmisión de 8 MHz.

Los parámetros adoptados permiten capacidades entre 19,91Mbps y 24,13Mbps (en función de los intervalos de guarda empleados) a compartir por cuatro concesionarios para cada canal múltiple (anchura de banda de 8 MHz). Además, para que una señal se reciba casi sin errores (*Quasi Error Free*) la C/N requerida se encuentra entre 17 y 19dB, dependiendo del canal utilizado.

Modulación	Velocidad de Código	Velocidad de bit (Mbps)			
		Tu=1/4	Tu=1/8	Tu=1/16	Tu=1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	7,46	8,39	8,78	9,05
QPSK	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	14,93	16,59	17,56	18,1
16-QAM	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,1
64-QAM	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	26,13	28,03	30,74	31,67

Tabla 3.1 Tasa de bits útiles (Mbit /s) para sistemas jerárquicos en canales de 8 MHz.

3.4 Frecuencias empleadas

La extensa oferta de canales de la TDT opera en las frecuencias que componen la banda UHF, desde los canales 21 a 69. La banda UHF queda dividida en tres partes:

- **Canales 21 a 56 (470 a 758 Mhz):** orientada a las emisiones de ámbito local.
- **Canales 57 a 65 (758 a 830 Mhz):** orientada a las emisiones de ámbito autonómico (canales autonómicos y canales nacionales con capacidad de desconexión autonómica)
- **Canales 66 a 69 (830 a 862 Mhz):** orientada a las emisiones de ámbito nacional sin capacidad de desconexión.

La Tabla 3.2 muestra las frecuencias asignadas a los canales UHF:

Canales	Frecuencias			Canales	Frecuencias		
21	470	478	Mhz	46	670	678	Mhz
22	478	486	Mhz	47	678	686	Mhz
23	486	494	Mhz	48	686	694	Mhz
24	494	502	Mhz	49	694	702	Mhz
25	502	510	Mhz	50	702	710	Mhz
26	510	518	Mhz	51	710	718	Mhz
27	518	526	Mhz	52	718	726	Mhz
28	526	534	Mhz	53	726	734	Mhz
29	534	542	Mhz	54	734	742	Mhz
30	542	550	Mhz	55	742	750	Mhz
31	550	558	Mhz	56	750	758	Mhz
32	558	566	Mhz	57	758	766	Mhz
33	566	574	Mhz	58	766	774	Mhz
34	574	582	Mhz	59	774	782	Mhz
35	582	590	Mhz	60	782	790	Mhz
36	590	598	Mhz	61	790	798	Mhz
37	598	606	Mhz	62	798	806	Mhz
38	606	614	Mhz	63	806	814	Mhz
39	614	622	Mhz	64	814	822	Mhz
40	622	630	Mhz	65	822	830	Mhz
41	630	638	Mhz	66	830	838	Mhz
42	638	646	Mhz	67	838	846	Mhz
43	646	654	Mhz	68	846	854	Mhz
44	654	662	Mhz	69	854	862	Mhz
45	662	670	Mhz				

Tabla 3.2 Frecuencias UHF

3.4.1 Dividendo digital

Se conoce como dividendo digital al proceso por el cual las frecuencias de entre 790 y 862 MHz (canales 61 al 69 de UHF) dejarán a ser usadas para transmisión de televisión terrestre y serán asignadas a las operadoras de telefonía móvil para prestar sus servicios a partir de 2015.

Algunos de esos canales se utilizan en la actualidad para la difusión de la TDT, por lo que éstos tendrán que ser trasladados antes de 2015. Se espera que el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio anuncie los detalles de este proceso a lo largo de 2011.

3.5 La TDT en Cataluña

La Tabla 3.3 muestra los canales que se pueden recibir en la actualidad en Cataluña.

CANAL	PÚBLICA NACIONAL		PRIVADAS NACIONALES	PÚBLICA ESTATAL	PRIVADAS ESTATALES							
	TV3(1)	TV3(2)	EDC	TVE	veo7	Sogecable	cuatre	Telecinco	5	Antena 3	neox8	PROGRAMACIÓ LOCAL
Programa 1	3	3HD	8	1								
Programa 2	33	Esport	8	2								
Programa 3	24	9	9	24h								
Programa 4	300	B	105	clan								
Programa 5	CATALUNYA RÀDIO	SALLES MÉS	RAC	me								
Programa 6		Kat fm	105	radio clàssica me								
Programa 7		B		radio 3 me								
Programa 8												

Tabla 3.3 Canales disponibles en Cataluña

Según la Generalitat de Cataluña, el estado actual de cobertura de TDT es el siguiente:

- 98,8 % para TVC1.
- 99,15% para EDC, RGE y los 4 MUX de SFN.
- 90,4 % para TVC2.
- 95,4 % para TDT Local.

El despliegue de la TDT en Cataluña se formó en 2 planes:

- El “plà d’encesa sincrònica”, con el objetivo de cubrir con TDT lugares donde no existía cobertura analógica (Se consiguió a principios de 2010).
- “Plà de Catalunya Connecta”, aun vigente, con el objetivo de extender la cobertura de TDT a los núcleos de población de 50 o más habitantes.

Referente al “Plà de Catalunya Connecta”, no contempla cubrir poblaciones diseminadas, es decir, casas que no formen un núcleo de población de un municipio. Por lo tanto, las zonas de sombra serian estas casas diseminadas como también núcleos donde por la compleja orografía no se hayan llevado a cabo dentro del Plan “Catalunya Connecta”.

La comarcas con un porcentaje inferior al 96 % de cobertura TDT són: Alta Ribagorça, Osona, Bages, Berguedá, Conca de Barberá, Garrigues, Noguera, Pallars Sobirá, Priorat i Segarra.

También existen problemas en cuanto a la calidad de señal en las zonas costeras debido al “efecto *fading*”. Este efecto se produce mayoritariamente en verano debido al debilitamiento progresivo de la señal digital causado por la humedad y elevadas temperaturas.

3.6 Futuro de la TDT

Cada agente implicado en el proceso de la TDT (operador de telecomunicaciones, operador de televisión, empresas tecnológicas, IPTV, etc.) tiene un punto de vista diferente en el futuro de la TDT.

Lo que si se puede afirmar, es que en la actualidad, la TDT es el sistema de televisión mayoritario. Solo la televisión por satélite y cable compiten con ella. Por lo que respecta a la televisión por Internet, se considera que debido a las limitaciones del ancho de banda y calidad, tiene un largo futuro que recorrer.

Tecnológicamente, poco a poco, la alta definición va apareciendo. En la actualidad, únicamente se pueden considerar HD los canales TVC HD y TVE HD. Los restantes son un reescalado de la señal SD.

Referente a nivel radioeléctrico, antes de 2015 se va ir reorganizando el espectro para dejar disponibles los canales del 61 al 69. Estas frecuencias serán utilizadas para tecnología móvil.

Respecto a la televisión en 3D, algunos operadores ya están en fase de experimentación. Teniendo en cuenta que 3D va junto HD, parece que también se necesitará tiempo para su correcta transmisión y recepción.

En cuanto a la interactividad, se puede afirmar que el sistema MHP (*multimedia home Platform*) no se ha llegado a implementar con éxito. La escasez de contenidos ha hecho que no merezca la pena hacer la inversión de comprar un descodificador-MHP para canales interactivos. Actualmente el estándar HbbVv (*Hybrid broadcastbroadband TV*)

está empezando a fortalecerse. Este estándar fusiona lo mejor de la señal televisiva y lo mejor de Internet.

Referente a mejorar la calidad de transmisión, difusión y optimización, existe el estándar DVB-T2, pero el cambio de DVB-T a DVB-T2 representaría un coste considerable a nivel de difusión, y obligaría de nuevo a cambiar a los ciudadanos el receptor. Todo esto hace pensar que difícilmente se realizará en un futuro a corto plazo.

4. Implementación de centros reemisores

4.1 Introducción

El estudio del caso práctico se realiza en el municipio de Rupit y Pruit, en la comarca de Osona.

En Cataluña existen varios municipios y urbanizaciones que todavía siguen sin ser cubiertas por servicios de TDT. Esto es debido a la dificultosa orografía del terreno, donde la difusión terrestre se complica considerablemente y produce cortes y pixelaciones a los usuarios. A frecuencias elevadas, sobretodo a partir de 800 Mhz, la zona de Fresnel se reduce, lo cual conlleva a una pérdida de cobertura en estos puntos donde no existe visión directa con el centro emisor. Por motivos de esta índole, se decide instalar 2 centros emisores en el municipio de Rupit y Pruit para dotar de cobertura a los habitantes de esta zona.

La razón por la que se ha decidido instalar dos centros reemisores y no uno, es que no se ha localizado ninguna ubicación para la instalación de la estación, la cual nos permita cubrir al 100 % el territorio deseado. Para ello se tiene en cuenta la restricción impuesta por el Plan Técnico Nacional de la TDT (Real Decreto 944/2005, de 29 de julio) en materia de extensión de la cobertura, la potencia radiada aparente (PRA) por el reemisor está fijada a 1 W, que es límite vigente.

A continuación se muestra un breve resumen sobre la estructuración del caso práctico.

Primeramente realizaremos un estudio previo sobre la zona en la que vamos a trabajar. Este estudio previo incluye la localización de los centros emisores más próximos al municipio, muestra de la cobertura que ofrecen y toma de las diferentes medidas obtenidas con un medidor de campo profesional.

El siguiente apartado muestra en qué consiste la solución que se va a adoptar. El objetivo es el de planificar 2 estaciones reemisoras de entorno rural que doten de cobertura de TDT la zona deseada siguiendo el estándar ETSI TR 101 190 v1.3.1.

Para ello, se realiza un estudio sobre el territorio a cubrir desde cada uno de los reemisores que se van a instalar. Se indica la ubicación de la estación transmisora y a

continuación se localizan 10 puntos habitados los cuales se consideran las zonas más importantes a cubrir. También se realiza una estimación sobre las pérdidas de propagación y ángulos idóneos (utilizados en los paneles transmisores) los cuales nos ayudarán a seleccionar los puntos más críticos en cuanto a niveles de recepción.

Por último se realiza una simulación con el software RadioEarth. Esta herramienta interacciona con *GoogleEarth* y permite realizar simulaciones de coberturas radioeléctricas de sistemas de radiocomunicaciones TDT. Utiliza diferentes modelos de propagación. Con la ayuda de este software podremos comprobar gráficamente los niveles de intensidad de campo recibidos los cuales nos garanticen la correcta puesta en servicio del reemisor diseñado.

4.2 Consideraciones previas

4.2.1 Rupit y Pruit

Rupit y Pruit es un municipio de la comarca de Osona situado al noreste de la comarca y al este de la Sierra de Cabrera. Está integrado por dos núcleos urbanos.

Es el último pueblo de la provincia de Barcelona en la carretera que une los municipios de Vic, capital de la comarca de Osona y Olot, capital de la comarca de La Garrotxa (Gerona).



Fig. 4.1 Ubicación de y Pruit (Osona)

El motivo de la elección de este municipio no es otro que la actual deficiencia de cobertura de servicios de Televisión Digital Terrestre (TDT).

En el siguiente link se puede comprobar que según la generalitat de Cataluña la zona no esta cubierta de servicios de TDT:

http://www10.gencat.cat/gov_ctweb/AppJava/cercador.jsp

Cercador de cobertures

1 Seleccioneu la comarca i el municipi que voleu consultar:

Comarca:

Municipi:

2 Voleu veure el detall de cobertura per població o per polígons industrials?:

3 Seleccioneu el servei que voleu consultar:

Cobertura específica dels diferents canals de TDT

Data d'actualització: 09 de maig de 2011

Canals públics i privats nacionals	Canals públics i privats estatals		Canals públics i privats locals		Quadre resum d'emissions TDT	
Nucli població	Cobertura TV3 (1)	Disponibilitat TV3 (1)	Cobertura TV3 (2)	Disponibilitat TV3 (2)	Cobertura EDC	Disponibilitat EDC
Rupit	No cobert	No disponible*	No cobert	No disponible	No cobert	No disponible

Fig. 4.2 Buscador de Coberturas de la Generalitat de Catalunya

El siguiente mapa, Fig 4.3, proporcionado por la Generalitat de Catalunya, nos muestra la deficiencia actual de cobertura en Rupit y Pruit (el color amarillo nos indica cobertura).

Como se ha comentado anteriormente, la causa de esta falta de cobertura es la dificultosa orografía del terreno que rodea al municipio.

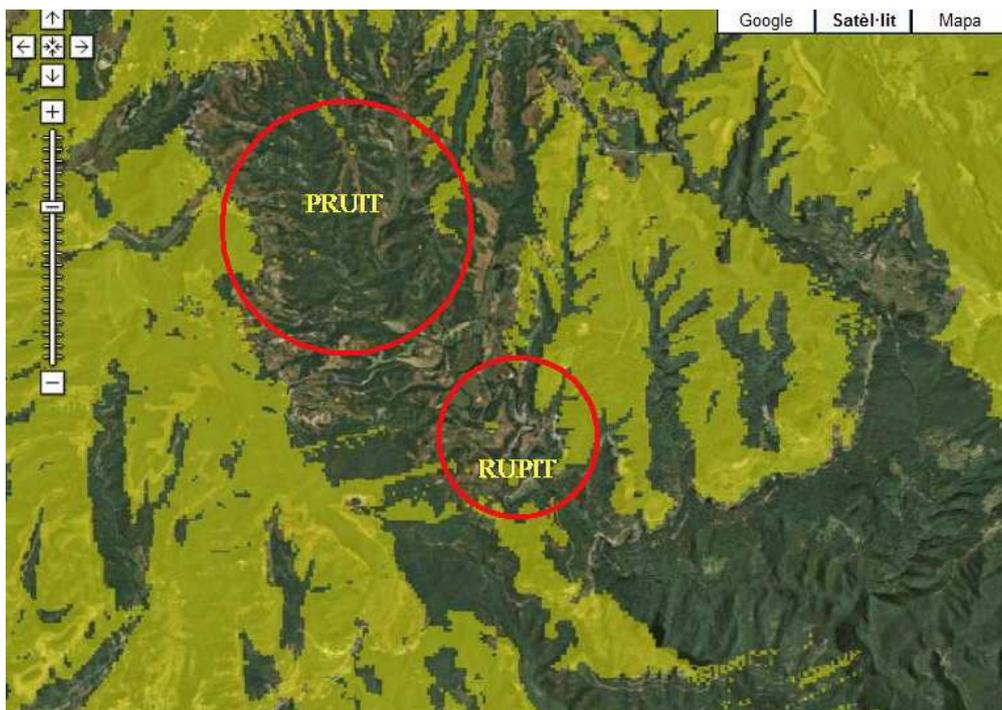


Fig. 4.3 Mapa de cobertura de la Generalitat de Catalunya

A continuación se va a mostrar los centros emisores más próximos al municipio.

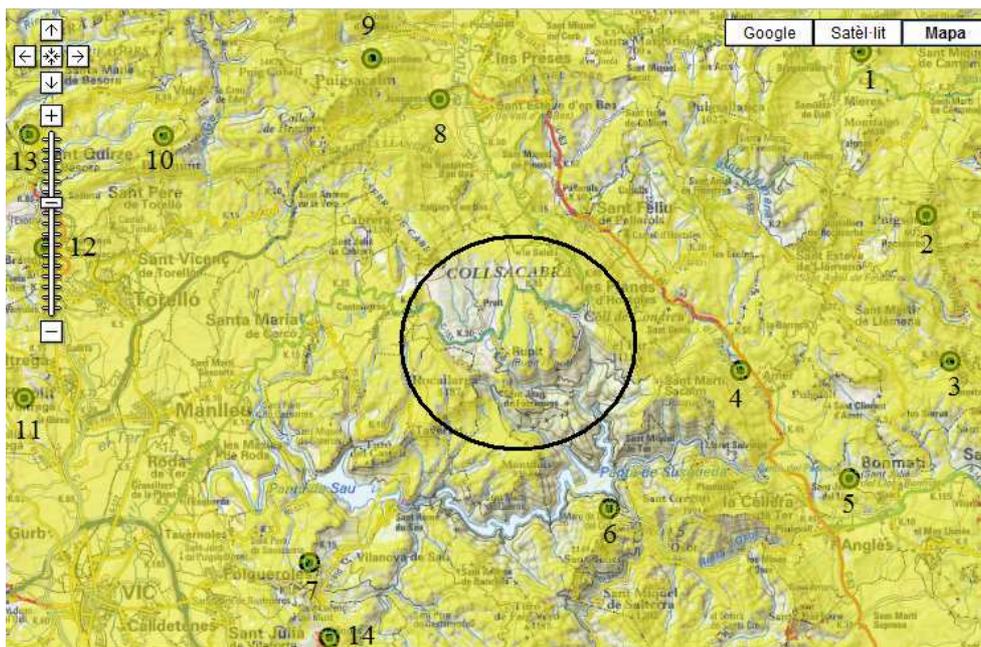


Fig 4.4 Repetidores más próximos a Rupit y Pruit

Indicador	Nombre Centro Emisor
1	MIERES
2	ROCACORBA
3	SANT MARTÍ LLÉMENA
4	AMER
5	SANT JULIÀ DEL LLOR I BONMONAT
6	OSOR
7	TAVERNOLES
8	VALL D'EN BAS
9	OLOT
10	BELLMUNT OSONA
11	COLLSUPINA
12	ORIS
13	FARGA BEBIÉ
14	ORISTÀ

Tabla 4.1 Centros emisores más próximos

Según la Generalitat, estos centros proporcionan a los habitantes de la comarca la siguiente oferta de canales:

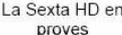
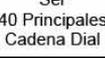
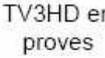
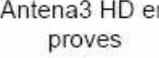
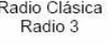
SFN 1	Sogecable La Sexta	    
SFN 2	Telecinco NetTv	     
SFN 3	Antena 3 La Sexta	     
RGE 1	Televisión Española	    
TVC 1	Televisió de Catalunya	   
SFN 4	Sogecable La Sexta	     
TVC 2	Televisió de Catalunya	   
SFN 5	Antena 3 Veo	   
EDC	Emisions Digitals Catalunya	    
RGE 2	Televisión Española	  

Tabla 4.2 Oferta de canales en Osona

4.2.2 Situación actual

En la actualidad, el municipio de Rupit y Pruit dispone de una red de televisión por cable que posibilita la recepción de al menos el 70 % de canales a los habitantes que residen en el núcleo urbano.

Tienen instalados en un monte cercano al municipio antenas de UHF que junto con equipos de amplificación distribuye señal de televisión a hoteles y viviendas ubicadas en el centro del municipio.

El tipo de instalación que dispone es similar a lo que sería una Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT), antenas, cabecera y cableado exterior.

La Fig. 4.5 nos muestra una a panorámica extraída con *GoogleEarth* donde se indica la ubicación de los equipos de recepción y amplificación del municipio.

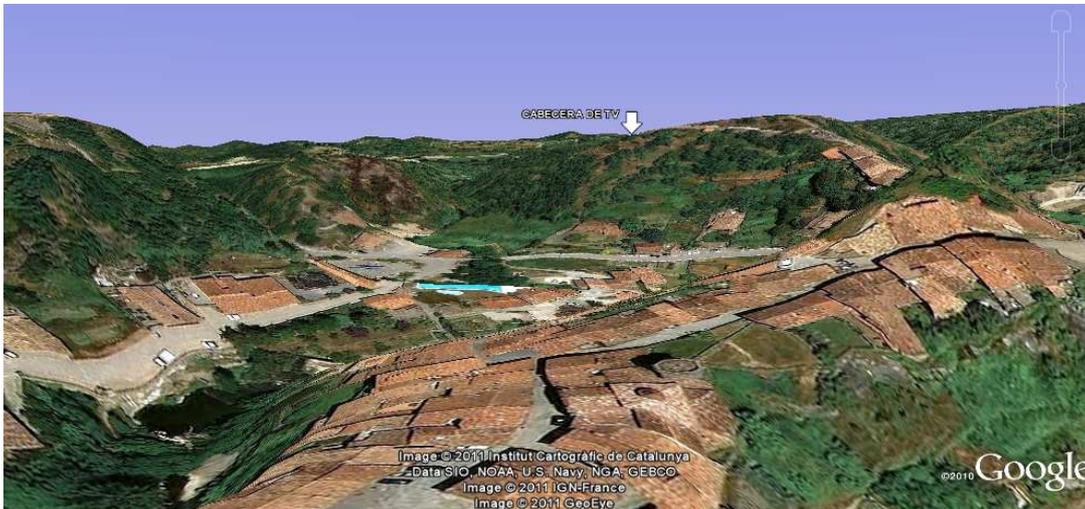


Fig. 4.5 Ubicación Cabecera de TV Televisión con Google Earth



Fig 4.6 Antenas



Fig. 4.7 Cableado Exterior y Distribución



Fig. 4.8 Equipos de Amplificación

Este tipo de red de distribución presenta en la actualidad diversos inconvenientes:

- Cualquier casa o masía que esté un poco apartada del núcleo urbano no dispone de señal de TDT.
- En muchos domicilios la señal recibida es deficiente debido a la elevada atenuación producida por diferentes elementos de la instalación (cable coaxial, distribuidores, derivadores, etc).
- Humedad y temperatura deterioran al cableado exterior.

4.2.3 Mediciones

A continuación se muestran los resultados obtenidos al tomar medidas de señal con la utilización de un medidor de campo profesional. Las medidas se han tomado tanto en Rupit como en Pruit.

Descripción de los equipos de medida:

	Marca	Modelo	Número de serie	Observaciones
Medidor de Campo	Promax	PRODIG-5 TV EXPLORER	0706418800117	Con Monitor en Color

	Marca	Modelo	Ganancia
Antena	Fagor	Diana Series	16 dB

	Metros	Atenuación
Latiguillo Cable Coaxial	2	0,15 dB aprox.

Tabla 4.3 Descripción equipos de medida

Ubicación de las mediciones:

Medida 1: Se obtiene la potencia recibida en el centro del municipio de Rupit.

Medida 2: Se obtiene la potencia recibida en un lugar habitado próximo a Pruit.

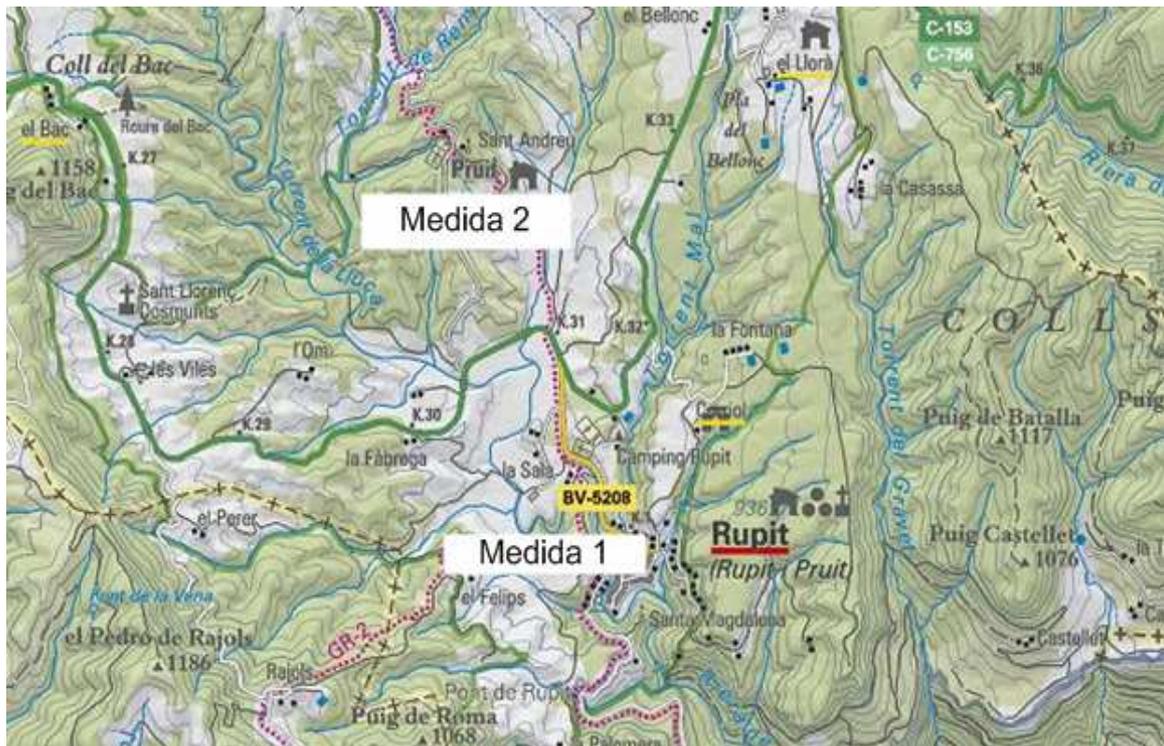


Fig. 4.9 Localización de medidas

Medida 1: Pruit

Latitud: 42°02'1377,61" N

Longitud: 2°27'17," E

Altitud: 930m

Centro emisor	Visión Directa	Mux	Canal	Potencia Recibida	Observaciones
Rocacorba	No	61	TVC	<25,7 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	64	RTVE	<28,9 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	66	RTVE	<32,5 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	67	Sogecable La Sexta	<30,1 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	68	Telecinco Net TV	<32,3 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	69	Antena 3 La Sexta	<31,4 dB μ V	Sin Servicio

Tabla 4.4 Niveles Recibidos Pruit.

Medida 1: Rupit Latitud: 42°01'34,80" N Longitud: 2°27'53,61" E Altitud: 841					
Centro emisor	Visión Directa	Mux	Canal	Potencia Recibida	Observaciones
Rocacorba	No	61	TVC	<26,8 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	64	RTVE	<32,1 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	66	RTVE	<33,0 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	67	Sogecable La Sexta	<29,4 dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	68	Telecinco Net TV	<33.5dB μ V	Sin Servicio
Rocacorba	No	69	Antena 3 La Sexta	<34,1 dB μ V	Sin Servicio

Tabla 4.5 Niveles Recibidos Rupit

Se comprueba que el nivel de señal recibido es inexistente.

Para solventar los problemas que presenta el municipio se decide realizar un estudio para la instalación de centros reemisores que solucionen estos problemas de cobertura.

4.2.4 Solución propuesta

La solución propuesta consiste en instalar en un monte cercano, donde con antenas adecuadas es posible captar las señales de TDT procedentes de un centro emisor alejado, dos estaciones que retransmitan los canales recibidos.

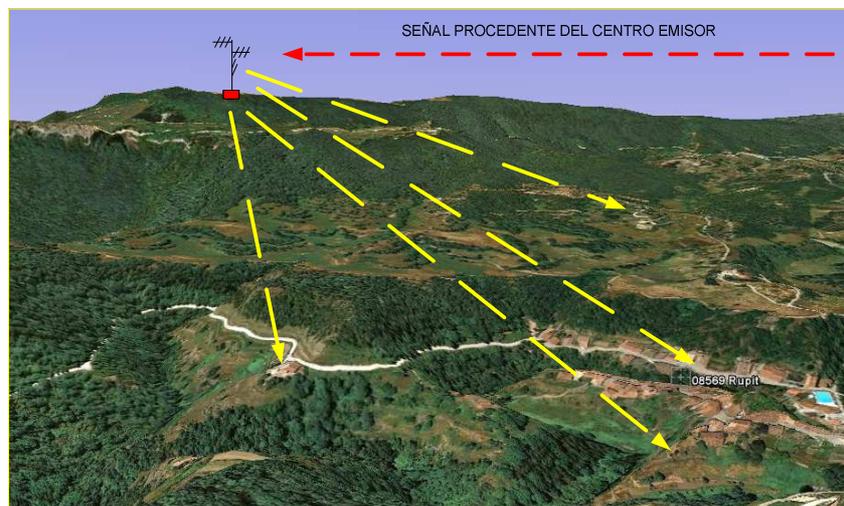


Fig. 4.10 Esquema solución propuesta

4.2.5 Magnitudes utilizadas

En este estudio se ha trabajado con diferentes magnitudes cuando nos referimos a potencias.

Dependiendo al lugar o posición al que nos refiramos hablaremos de:

- dBm: Se utiliza en dispositivos de potencias elevadas como reemisores y emisores.
- dBW: Se utiliza para definir la densidad de potencia en reemisores y emisores.
- dB μ V: Se utiliza para dispositivos de tensión de salida reducida, por debajo de los 130 dB μ V, como dispositivos de antena.

La siguiente tabla nos muestra las equivalencias entre magnitudes. .

Tabla de equivalencias dBm - dB μ V											
dBm	dB μ V (75)	dBm	dB μ V (75)	dBm	dB μ V (75)	dBm	dB μ V (75)	dBm	dB μ V (75)	dBm	dB μ V (75)
-88	20,7	-67	41,7	-46	62,7	-25	83,7	-4	104,7	17	125,7
-87	21,7	-66	42,7	-45	63,7	-24	84,7	-3	105,7	18	126,7
-86	22,7	-65	43,7	-44	64,7	-23	85,7	-2	106,7	19	127,7
-85	23,7	-64	44,7	-43	65,7	-22	86,7	-1	107,7	20	128,7
-84	24,7	-63	45,7	-42	66,7	-21	87,7	0	108,7	21	129,7
-83	25,7	-62	46,7	-41	67,7	-20	88,7	1	109,7	22	130,7
-82	26,7	-61	47,7	-40	68,7	-19	89,7	2	110,7	23	131,7
-81	27,7	-60	48,7	-39	69,7	-18	90,7	3	111,7	24	132,7
-80	28,7	-59	49,7	-38	70,7	-17	91,7	4	112,7	25	133,7
-79	29,7	-58	50,7	-37	71,7	-16	92,7	5	113,7	26	134,7
-78	30,7	-57	51,7	-36	72,7	-15	93,7	6	114,7	27	135,7
-77	31,7	-56	52,7	-35	73,7	-14	94,7	7	115,7	28	136,7
-76	32,7	-55	53,7	-34	74,7	-13	95,7	8	116,7	29	137,7
-75	33,7	-54	54,7	-33	75,7	-12	96,7	9	117,7	30	138,7
-74	34,7	-53	55,7	-32	76,7	-11	97,7	10	118,7	31	139,7
-73	35,7	-52	56,7	-31	77,7	-10	98,7	11	119,7	32	140,7
-72	36,7	-51	57,7	-30	78,7	-9	99,7	12	120,7	33	141,7
-71	37,7	-50	58,7	-29	79,7	-8	100,7	13	121,7	34	142,7
-70	38,7	-49	59,7	-28	80,7	-7	101,7	14	122,7	35	143,7
-69	39,7	-48	60,7	-27	81,7	-6	102,7	15	123,7	36	144,7
-68	40,7	-47	61,7	-26	82,7	-5	103,7	16	124,7	37	145,7

Tabla 4.5 Tabla de equivalencias

Los valores de estas equivalencias son válidos con una impedancia de 75 Ω . Este valor es proporcionado por el fabricante del equipo receptor.

Donde:

$$dB\mu V = dBm + 108,75 \text{ dB.} \quad (4.1)$$

$$dBm = dBW + 30 \text{ dB} \quad (4.2)$$

En el entorno de planificación de TV es mucho más habitual trabajar con niveles de intensidad de campo medida en dB μ V/m que se recibirá o que se medirá en las zonas de

cobertura para comprobar si la recepción puede ser aceptable dentro de los umbrales definidos.

La intensidad de campo Eléctrico (E) en un punto es la suma del valor de la señal de potencia medida por el equipo medidor de campo y el factor de antena según se detalla en (4.4):

$$E (dB\mu V/m) = P (dB\mu V) - L (dB) + K (dB/metro) \quad (4.3)$$

Donde:

$E (dB\mu V/m)$: Intensidad de campo en el punto

$P (dB\mu V)$: Valor de la señal de potencia medida por el equipo medidor de campo

$K (dB/metro)$: Factor de Antena

$L (dB)$: Pérdidas en el latiguillo de conexión (3 metros) del medidor a la antena (aproximadamente 0,45 dB para 800 MHz).

Factor de antena:

$$K (dB/m) = 20 \log f(MHz) - G(dB) - 10 \log Z_r - 12.78 dB \quad (4.4)$$

Donde:

G : Ganancia de la antena receptora.

Z_r : Impedancia de la antena receptora (75Ω).

4.3 Estándar ETSI TR 101 190 V1.3.1

Para el correcto diseño un centro transmisor y reemisor de TDT se sigue el estándar publicado por la ETSI, TR 101 190 V1.3.1.

El estándar ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10) incluye los cálculos necesarios para la implementación de transmisores DVB-T en entornos rurales. Este estándar contiene los cálculos y parámetros necesarios para la correcta instalación e implementación de centros reemisores.

En él se puede observar los parámetros necesarios para las diferentes frecuencias:

- Banda I: 65MHz (VHF)
- Banda III: 200 MHz (VHF).
- Banda IV: 500 MHz (UHF).
- Banda V: 800 MHz (UHF).

En el estudio realizado solo se han tenido en cuenta los datos de la Banda IV y V, correspondiente a frecuencias UHF, ya que son las frecuencias con las que se ha trabajado.

A continuación se muestran las tablas resumen con los datos mínimos que deben garantizarse en el emplazamiento del centro reemisor.

Frequency Band I, III, IV, V						
Equivalent noise band width	B (Hz)	$7,6 \times 10^6$				
Receiver noise figure	F (dB)	7	7	7	7	7
Receiver noise input power	P_n (dBW)	-128,2	-128,2	-128,2	-128,2	-128,2
RF signal/noise ratio	C/N (dB)	2	8	14	20	26
Minimum receiver signal input power	$P_{s \min}$ (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Minimum equivalent receiver input voltage, 75Ω	$U_{s \min}$ (dB μ V)	13	19	25	31	37

Tabla 4.6 ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10)

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz) (dB)	800				
		2	8	14	20	26
Minimum receiver signal input power	$P_{s \min}$ (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Minimum equivalent receiver input voltage, 75Ω	$U_{s \min}$ (dB μ V)	13	19	25	31	37
Feeder loss	L_f (dB)	5				
Antenna gain relative to half wave dipole	G_a (dB)	12				
Effective antenna aperture	A_a (dBm ²)	-5,4				
Minimum power flux density at receiving place	ϕ_{\min} (dBW/m ²)	-115,9	-109,9	-103,9	-97,9	-91,9
Minimum equivalent field strength at receiving place	E_{\min} (dB μ V/m)	30	36	42	48	54
Allowance for man made noise	P_{mnn} (dB)	0				
Location probability: 70 %						
Location correction factor	C_l (dB)	2,9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-113	-107	-101	-95	-89
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	E_{med} (dB μ V/m)	33	39	45	51	57
Location probability: 95 %						
Location correction factor	C_l (dB)	9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-106,9	-100,9	-94,9	-88,9	-82,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	E_{med} (dB μ V/m)	39	45	51	57	63

Tabla 4.7 ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10). Frecuencia 800 Mhz

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz) (dB)	500				
		2	8	14	20	26
Minimum receiver signal input power	$P_{s \text{ min}}$ (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Minimum equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s \text{ min}}$ (dB μ V)	13	19	25	31	37
Feeder loss	L_f (dB)	3				
Antenna gain relative to half wave dipole	G_a (dB)	10				
Effective antenna aperture	A_a (dBm ²)	-3,3				
Minimum power flux density at receiving place	ϕ_{min} (dBW/m ²)	-119,9	-113,9	-107,9	-101,9	-95,9
Minimum equivalent field strength at receiving place	E_{min} (dB μ V/m)	26	32	38	44	50
Allowance for man made noise	P_{mnn} (dB)	0				
Location probability: 70 %						
Location correction factor	C_l (dB)	2,9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-117	-111	-105	-99	-93
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	E_{med} (dB μ V/m)	29	35	41	47	53
Location probability: 95 %						
Location correction factor	C_l (dB)	9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-110,9	-104,9	-98,9	-92,9	-86,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	E_{med} (dB μ V/m)	35	41	47	53	59

Tabla 4.8. ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10). Frecuencia 500 Mhz

La Tabla 4.9 muestra el resumen de las intensidades de campo que se deberá tener en el área de recepción.

Cobertura	500 Mhz	800 Mhz
	Nivel medio	Nivel medio
ETSI TR 101 190 DVB-T Cobertura Buena	53 dB μ V/m / 42 dB μ V	57 dB μ V/m / 46 dB μ V
ETSI TR 101 190 DVB-T Cobertura Aceptable	47 dB μ V/m / 36,87 dB μ V	51 dB μ V/m / 40,87 dB μ V

Tabla 4.9 Intensidades de campo en el receptor.

Referente al nivel de MER y BER, los parámetros deberán superar los 23 dB y 1.0E-3 respectivamente.

MER: representa la relación entre la potencia media de la señal digital y la potencia media del ruido presente en la constelación de la señal.

BER: tasa de errores antes de la corrección. 1.0E-3 significa 1.0 x10⁻³, es decir 1 bit erróneo de cada 3000 bits recibidos.

4.4 Parámetros y cálculos

A lo largo de este apartado se irán estudiando todos los factores que intervienen en la planificación de la cobertura de un centro transmisor de TDT según el estándar ETSI TR 101 190 V1.3.1

El objetivo final será realizar un balance de potencias que contendrá información sobre todos los elementos de la cadena de transmisión.

4.4.1 Tasa de bits y relación C/N

Como se ha visto en la parte teórica de este proyecto, en España actualmente se utiliza la modulación no jerárquica por portadora 64QAM (6 bits por símbolo). Con codificación convolucional de 2/3 e intervalo de guarda de 1/4 la codificación exterior Reed-Solomon es de 204 en lugar de 188 bytes. El modo es el 8k. Por tanto la velocidad binaria será (4.5):

$$R_u = R_s \cdot b \cdot CR(I) \cdot CR(RS) \cdot \frac{T_u}{T_s} \quad (4.5)$$

Donde:

R_u = *Bitrate* útil.

R_s : Velocidad de símbolo bruta (siempre 6,75 Mbps).

b : bit por subportadora.

$CR(I)$: Codificación interior.

$CR(RS)$: Codificación exterior (Reed-Solomon).

T_u : Duración útil del símbolo.

T_s : Duración total del símbolo.

Por lo tanto la tasa binaria será

$$R_u = 6,75 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{188}{204} \cdot \frac{896\mu s}{896\mu s + 224\mu s} = 19,90 Mbps \quad (4.6)$$

Modulation	Bits per sub-carrier	Inner code rate	Guard interval			
			1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	2	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	2	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	2	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	2	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	4	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	4	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	4	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	4	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	4	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	6	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	6	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	6	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	6	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	6	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

Tabla 4.10 Tasas de bits

Con los valores obtenidos, si seguimos el estándar, podemos obtener la relación señal ruido necesaria.

Para los cálculos teóricos realizados a lo largo del proyecto, se ha escogido el valor extremo, 20 dB.

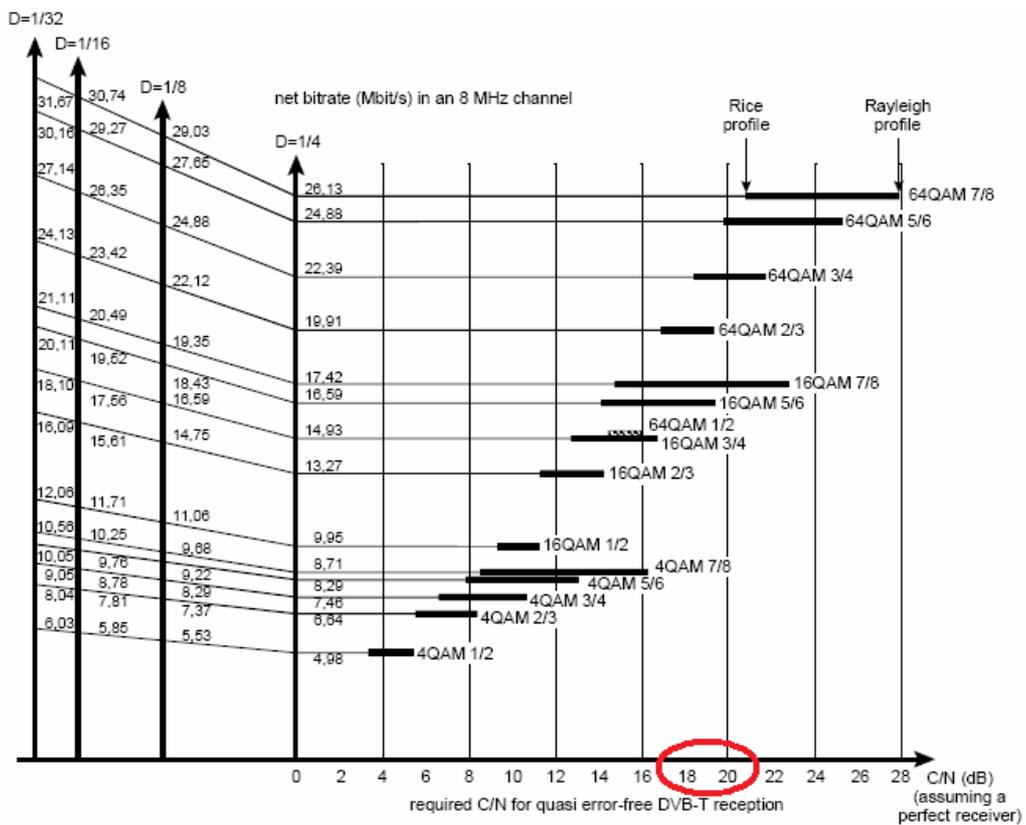


Tabla 4.11 Valores C/N requeridos según el estándar

4.4.2 Potencia de ruido

Para poder calcular la potencia de ruido en recepción es necesario contar un valor nominal de figura de ruido. Este valor podrá variar según el tipo de antena receptora que se escoja, las condiciones de la instalación ICT y según el aparato decodificador de TDT doméstico. Existen muchos receptores comerciales de diferentes marcas y calidades, de modo que en los cálculos se ha tomado el valor recomendado por la ETSI, igual a 7 dB. Los receptores con factores de ruido menores recibirán mejores niveles de CNR.

$$PnTotal(dBW) = 10 \cdot \log(k \cdot T_o \cdot B) + F \quad (4.7)$$

Donde:

B = Ancho de Banda en Hz ($7,61 \cdot 10^6$)

T_o = Temperatura de referencia en K (290)

F : Factor ruido del sistema receptor (7dB según el estándar)

K = Constante de Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

$$PnTotal(dBW) = 10 \cdot \log(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 7,6 \cdot 10^6) + 7 = -128,43 dBW. \quad (4.8)$$

4.4.3 Potencia media requerida en recepción

Debido al comportamiento aleatorio de la señal radio, no es posible realizar el balance de potencias imponiendo como potencia deseada la mínima necesaria.

Esto implicaría que la CNR estaría por debajo del umbral en un porcentaje muy elevado de las ubicaciones, especialmente en los límites del área de cobertura.

Las variaciones de la potencia de señal se clasifican en dos tipos, rápidas y lentas. Mientras que las primeras son debidas a la propagación multicamino, las segundas se deben a la aparición de zonas de sombra más o menos acusadas debido a la variabilidad del terreno y presencia de obstáculos.

Los desvanecimientos rápidos siguen una estadística de Rice en el caso de referencia de TV digital (antena fija a 10 m sobre el nivel del suelo), si bien para el caso de antenas móviles (por ejemplo en interiores) la estadística se acerca más a la de una función densidad de probabilidad (f.d.p) de tipo Rayleigh.

En consecuencia, en el balance de potencias únicamente hay que considerar las variaciones lentas. En este caso, empíricamente se ha demostrado que la señal recibida sigue una estadística gaussiana cuando se mide en unidades logarítmicas, así, a partir de esta f.d.p. es posible calcular el margen extra necesario para garantizar una cobertura perimetral de un porcentaje superior al 50% (en este PFC, un 95% tal y como recomienda el estándar).

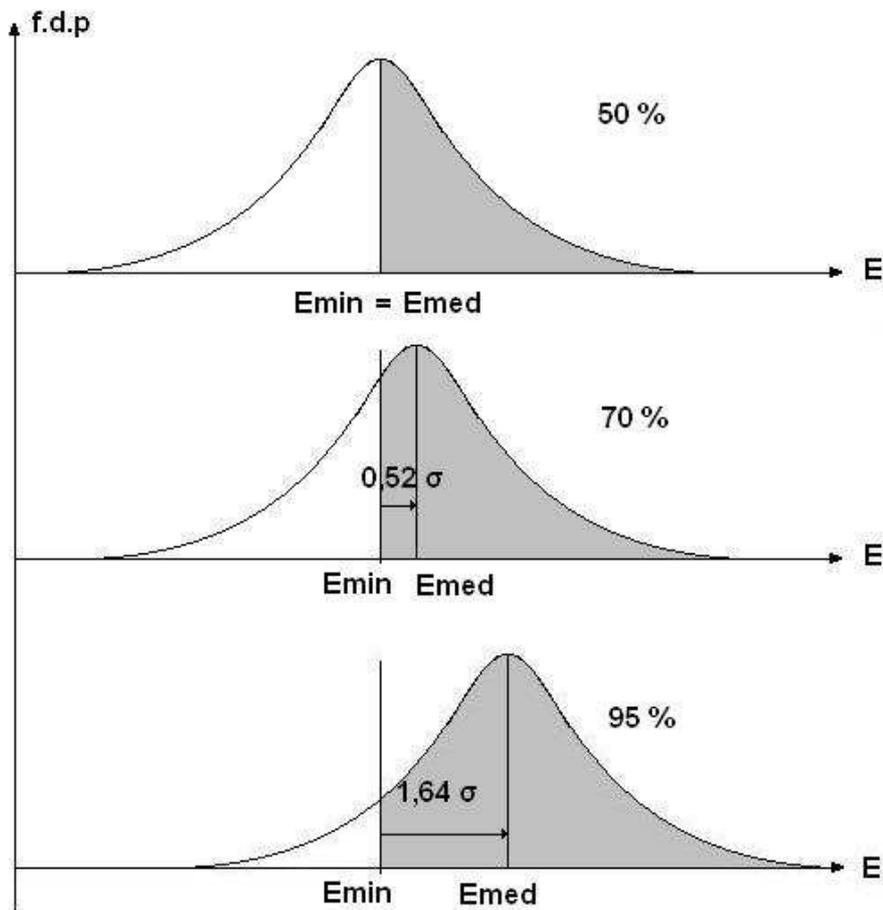


Fig. 4.11 Función densidad de probabilidad

Así, se aplica el siguiente cálculo para obtener el margen de *fading*:

Margen para 95% (Buena Cobertura):

$$MF(dB) = k1(p) \cdot \sigma \quad (4.9)$$

$$MF(dB) = 1,64 \cdot 5,5$$

$$MF(dB) = 9,02$$

Margen para 70% (Aceptable) (4.10):

$$MF(dB) = k2(p) \cdot \sigma \quad (4.10)$$

$$MF(dB) = 0,52 \cdot 5,5$$

$$MF(dB) = 2,86$$

Donde:

$k1(p)$: es una función que depende la probabilidad de cobertura (0,95 en este caso) y que procede de la integración de la función gaussiana.

$k2(p)$: es una función que depende la probabilidad de cobertura (0,70 en este caso) y que procede de la integración de la función gaussiana.

σ : es la desviación típica de la variabilidad de la señal (de la función gaussiana) y que se ajusta a 5,5 siguiendo también la recomendación del estándar.

El margen de *fading* es el parámetro de diseño que se elige en función de la confiabilidad que se quiera lograr en la comunicación radio. Cuanto mayor sea el margen de *fading* utilizado mayor será la confiabilidad del enlace y menor la probabilidad de pérdidas.

4.5 Balance de potencias global

A partir de las descripciones anteriores ya se está en condiciones de calcular el balance de potencias global.

La Tabla 4.12 nos muestra las características de los equipos receptores y transmisores:

Características del extremo transmisor	
Frecuencia	UHF de 470 MHz a 862 MHz
Potencia Transmisor	30 dBm / 0 dBW / 1 W
Ganancia Transmisor	52 dB
Ganancia de antena transmisora	13.5 dBi / 10,5 dBd
Pérdidas debidas a los cables	1,5 dB
Impedancia de entrada	50 Ω
Pérdidas debidas a la línea de transmisión o Acoplo	3 dB
Altura Antena	10 m

Características del extremo receptor	
Ganancia de una antena fija	13,52 dB
Pérdidas debidas a los cables	5 dB
Impedancia de entrada (Z_{in}):	75 Ω
CNR	20 dB

Tabla 4.12 Balance de Potencias

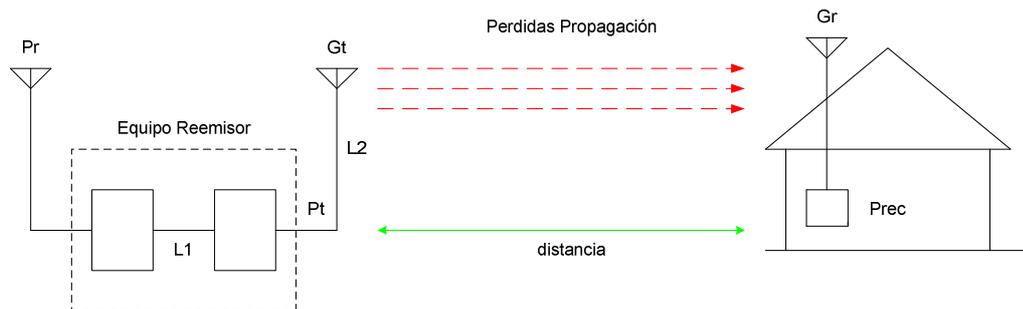


Fig. 4.11 Esquema de potencias, pérdidas y ganancias

Donde:

P_r : Potencia Recibida.

P_t : Potencia a la salida del reemisor (dBm).

L_1 : Pérdidas originadas por los elementos de acoplo (dB).

L_2 : Pérdidas originadas por latiguillos, cables y conectores (dB).

G_t : Ganancia de la antena transmisora (dB).

PRA : Potencia radiada equivalente (dBm).

G_r : Ganancia de la antena receptora (dB).

Prec: Potencia recibida en el receptor (dBm).

Para adecuarse al cumplimiento del Plan Técnico Nacional de la TDT (Real Decreto 944/2005, de 29 de julio) en materia de extensión de la cobertura, la potencia radiada aparente (PRA) por el reemisor está fijada a 1 W, que es límite vigente.

4.6 Parámetros mínimos en el emplazamiento del centro reemisor

En este apartado se van a calcular las intensidades necesarias en el área de recepción.

- Campo medio equivalente en área de recepción

Considerando que la antena receptora fija está situada a 10 metros de altura, se irán desglosando, a continuación, los pasos y los cálculos que intervienen en la intensidad de campo.

Lo primero, será calcular la potencia mínima recibida, que depende de la potencia total de ruido y de la CNR escogida.

$$P_{s \min}(dBW) = P_n + CNR \quad (4.11)$$

$$P_{s \min}(dBW) = -128,43 + 20dB$$

$$P_{s \min} = -108,43dBW$$

- A continuación, se calcula la densidad mínima de potencia en recepción:

$$\phi_{\min}(dBW / m) = P_{s \min} - A_a + L_f \quad (4.12)$$

$$\phi_{\min}(dBW / m) = -108,43 - (-5,4dBm) + 5dB$$

$$\phi_{\min} = -98,03 \text{ dBW/m}^2$$

Donde:

A_a : superficie equivalente de la antena receptora que equivale a $-5,4 \text{ dBm}^2$.

L_f : pérdidas (estimadas según el estándar) debidas al *feeder* o cable coaxial de la instalación en recepción, 5 dB.

- A continuación se calcula el campo o intensidad mínima que se deberá tener en el área de recepción.

$$E_{\min}(dB\mu V / m) = \phi_{\min} + 120 + 10 \cdot \log(120\pi) = \phi_{\min} + 145,8 \quad (4.13)$$

$$E_{\min}(dB\mu V / m) = -98,03 + 145,8$$

$$E_{\min} = 48,03 dB\mu V / m$$

- Después, se calcula el flujo mínimo de potencia recibida añadiendo el margen de *fading* calculado.

$$\phi_{med}(dB / m) = \phi_{\min} + MF \quad (4.14)$$

$$\phi_{med}(dB / m) = -98,03 + 9,02 dB$$

$$\phi_{med} = -89,01 dBW/m^2$$

Por último, ya se puede calcular el campo medio equivalente que se debe obtener en el área de cobertura.

$$E_{med}(dB\mu V/m) = \phi_{med} + 120 + 10 \cdot \log(120\pi) = \phi_{med} + 145,8 \quad (4.15)$$

$$E_{med}(dB\mu V/m) = -89,01 dBW/m^2 + 145,8$$

$$E_{med} = 56,79 dB\mu V/m$$

4.6.1 PIRE / PRA

La Potencia Isótropa Radiada Equivalente o PIRE es la suma (en unidades logarítmicas) de la potencia suministrada a la antena (es decir, tras restar pérdidas por cables y conectores L_{tt}) y su ganancia con relación a una antena isótropa en una dirección específica (ganancia medida en dBi).

$$PIRE(dBW) = P_{tx}(dBW) - L_{tt}(dB) + G_{Tx}(dBi) \quad (4.16)$$

Donde:

P_{tx} = Potencia del transmisor.

L_{tt} = Pérdidas por cables y conectores.

G_{tx} = Ganancia con relación a una antena isótropa.

$$PIRE(dBW) = 0 \text{ dBW} - 3 \text{ dB} + 13,5 \text{ dB} = 10,5 \text{ dBW}.$$

Equivalentemente, los cálculos también se pueden realizar con la Potencia Radiada Aparente o PRA. En este caso se trata de la suma (en unidades logarítmicas) de la

potencia suministrada a la antena y su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección específica (ganancia medida en dBd).

$$PRA(dBW) = Ptx(dBW) - Ltt(dB) + GTx(dBd)$$

$$PRA(dBW) = 0 \text{ dBW} - 3\text{dB} + 10,15 \text{ dBd} = 7,15 \text{ dBW}. \quad (4.17)$$

4.7 Solución adoptada

La solución que se ha adoptado para cubrir las zonas de Rupit y Pruit consiste en instalar 2 centros emisores independientes. Cada uno de los centros emisores dará cobertura a zonas diferentes.

Un centro emisor dará cobertura a la zona de Pruit y el otro a Rupit.

La razón de instalar 2 centros emisores radica en que no se ha encontrado ninguna ubicación, desde la cual, se de cobertura al 100% del territorio.

A continuación se va a mostrar el estudio técnico realizado para la ubicación de cada centro transmisor. Incluye su ubicación, señales captadas con medidor de campo, instalación existente en cada emplazamiento, puntos del territorio a cubrir, estimación de las pérdidas de propagación, y estimación de las potencias recibidas en los puntos del territorio seleccionados.

Para la estimación de las pérdidas de propagación, se han utilizado los métodos de pérdidas en espacio libre y pérdidas ocasionadas por obstáculos, método de Picquenard. Seguidamente se describe brevemente en que consiste cada una de ellas.

Para la elección del tipo de pérdida de propagación, se ha obtenido con *GoogleEarth* y *RadioEarth* el perfil orográfico de cada enlace entre el centro transmisor y receptor. Estos perfiles se pueden encontrar en el Anexo I.

4.7.1 Pérdidas espacio libre

Para calcular la estimación de cobertura mediante las técnicas que sigue el modelo de propagación por espacio libre, es decir, sin tener en cuenta la difracción o la reflexión de los rayos sobre el terreno, se ha tenido en cuenta (4.18):

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(Mhz)) + 20 \cdot \log(d(Km)) \quad (4.18)$$

Donde:

f = Frecuencia central del canal.

d = distancia entre el centro emisor y el receptor.

4.7.2 Pérdidas ocasionadas por obstáculos

Para calcular la estimación de cobertura mediante pérdidas producidas por obstáculos, se ha seguido el método de Picquenard. El método se describe a continuación:

Se trata de ir sumando todas las pérdidas en dB de cada uno de los obstáculos que hay entre emisor y receptor tal como se muestra en Fig. 4.12:

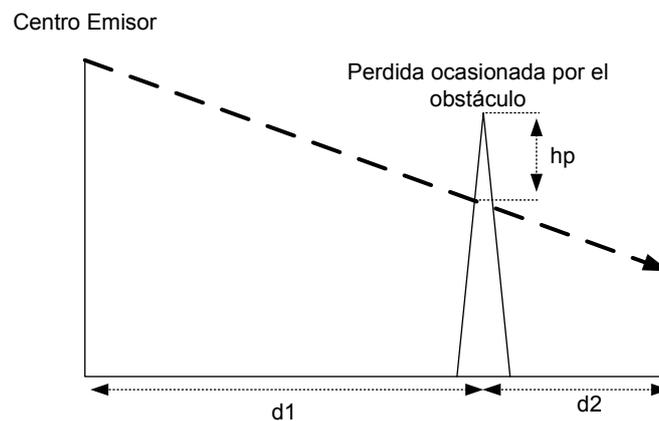


Fig. 4.12 Esquema Picquenard

Si en el camino existe algún obstáculo que impida la visión directa entre el emisor y receptor, se añadirá una atenuación suplementaria (J). Para hacerlo, se necesita evaluar el siguiente parámetro:

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r1} \quad (4.19)$$

Donde:

hp = altura del obstáculo.

$r1$ = Radio de la primera zona de Fresnel.

Para calcular el radio de la zona de Fresnel se utiliza (4.20):

$$r1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d1 \cdot d2}{d1 + d2}} \quad (4.20)$$

Referente al radio de Fresnel, cabe destacar que cuanto mas alta sea la frecuencia, más se reduce el radio de la zona de Fresnel. Esto se traduce a menor alcance del radioenlace.

En función del parámetro v obtenido, se añadirá una de las siguientes atenuaciones:

$1 \leq v$	$J = 0dB$
$0 \leq v \leq 1$	$J = 20 \cdot \log(0,5 + 0,62 \cdot v)$
$-1 \leq v \leq 0$	$J = 20 \cdot \log(0,5 \cdot e^{0,95 \cdot v})$
$-2,4 \leq v \leq -1$	$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2})$
$v \leq -2,4$	$J = 20 \cdot \log\left(-\frac{0,225}{v}\right)$

Se observa que si $1 \leq v$, el obstáculo no añade atenuación. Para que se cumpla esta condición, $hp < -0,7 \cdot r1$, es decir cuando queda libre el 70% del radio de la zona de Fresnel.

4.7.3 Área a cubrir

En este apartado se van a localizar, dentro del área que queremos cubrir, 10 puntos del territorio actualmente habitados.

Los puntos 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, y 10 se concentran mayoritariamente en Rupit, mientras que los puntos 3 i 4 nos indican las zonas más alejadas de Pruit.

El objetivo que se quiere alcanzar con la instalación de los 2 centros reemisores es que todos ellos queden cubiertos con un nivel de señal aceptable.

La siguiente imagen nos muestra la ubicación de cada uno de ellos.

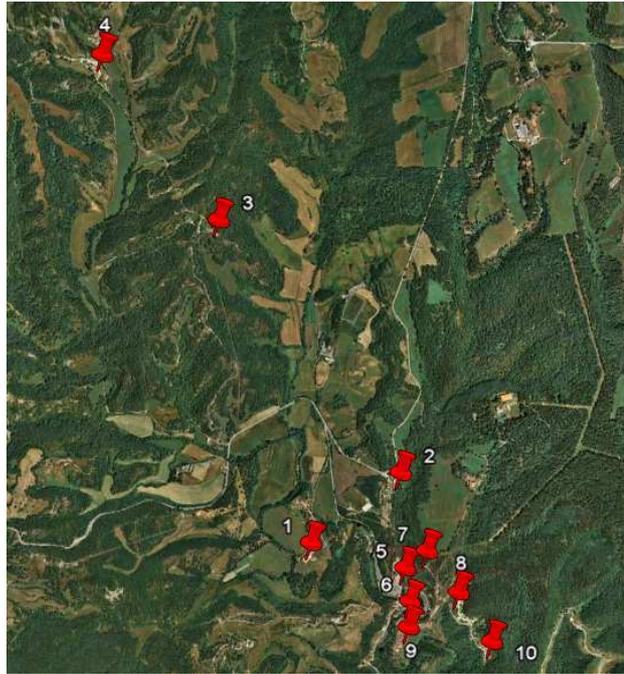


Fig. 4.13 Ubicación de los puntos a cubrir

La Tabla 4.13 indica las coordenadas geográficas de cada uno de ellos.

Referencia	Nombre	Coordenadas Geográficas
Punto 1	Masía Apartada I	Latitud: 42° 1'39.47"N Longitud: 2°27'34.26"E
Punto 2	Masía Apartada II	Latitud: 42° 1'49.87"N Longitud: 2°27'54.33"E
Punto 3	Pruit. Iglesia	Latitud: 42° 2'32.30"N Longitud: 2°27'19.53"E
Punto 4	Pruit Casas Alejadas	Latitud: 42° 3'0.14"N Longitud: 2°26'57.43"E
Punto 5	Rupit. Pueblo. Aparcamiento	Latitud: 42° 1'34.13"N Longitud: 2°27'54.12"E
Punto 6	Rupit. Casas delante del Río	Latitud: 42° 1'28.65"N Longitud: 2°27'54.70"E
Punto 7	Rupit. Cabecera.	Latitud: 42° 1'36.90"N Longitud: 2°27'58.85"E
Punto 8	Rupit. Pueblo	Latitud: 42° 1'29.77"N Longitud: 2°28'5.04"E
Punto 9	Rupit. Punto más bajo.	Latitud: 42° 1'24.48"N Longitud: 2°27'53.97"E
Punto 10	Rupit. Casas más elevadas	Latitud: 42° 1'21.63"N Longitud: 2°28'11.18"E

Tabla 4.13 Ubicación de las zonas de estudio

Como se ha comentado anteriormente, la solución adoptada para cubrir toda la zona, consiste en instalar 2 centros reemisores. Cada uno de ellos estará orientado según la zona a cubrir.

A continuación se detalla el estudio técnico realizado para cada uno de ellos.

4.8 Reemisor de Pruit

Este centro reemisor dará cobertura a la zona norte, concretamente a la zona de Pruit.

4.8.1 Ubicación del reemisor

La ubicación de la torre se ha escogido teniendo en cuenta la necesidad de cubrir las zonas con deficiencias de cobertura. La zona de Pruit tiene visión directa a la posición de la torre.

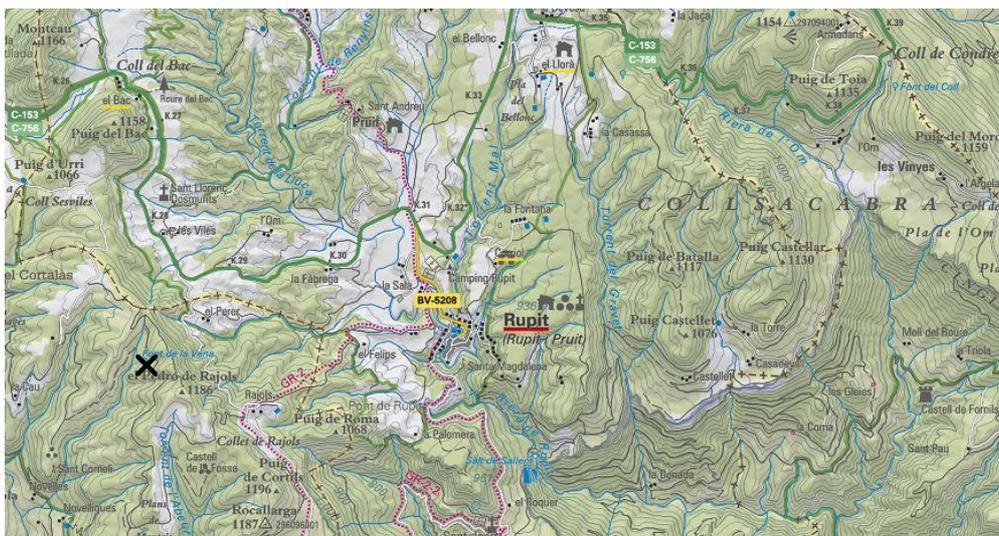


Fig. 4.14 Ubicación del reemisor - Mapa topográfico



Fig. 4.15 Panorámica desde el emplazamiento

4.8.2 Niveles recibidos

La Tabla 2.14 muestra los niveles de señal recibidos en el emplazamiento del reemisor.

Estos niveles se han obtenido con una antena UHF Fagor Serie Diana y con el medidor de campo Prodig-5 de Promax.

Frecuencias:

- Banda IV (500 Mhz): Mux 36, 46.
- Banda V (800 Mhz): Mux 60, 64, 66, 67, 68, 69

Medida Reemisor Latitud: 42° 1'11.84"N Longitud: 2°26'12.70"E Altitud: 1187m						
Centro emisor	Visión Directa	Mux/ Canal	Potencia Recibida	MER	CBER	Valoración de la señal
Rocacorba	Si	36	54,9 dB μ V/ -53,9dBm	26,8 dB	$1,9 \cdot 10^{-3}$	Buena
Rocacorba	Si	46	57,2 dB μ V/ -56,3 dBm	29,4 dB	$1,4 \cdot 10^{-4}$	Buena
Rocacorba	Si	60	58,8 dB μ V/ -50 dBm	>32,0 dB	$9,5 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	Si	64	57,7 dB μ V/ -51,1 dBm	>33,0 dB	$9,8 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	Si	66	56,9 dB μ V/ -51,9 dBm	>32,9 dB	$5,9 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	Si	67	57,2 dB μ V/ -51,6 dBm	>32,9 dB	$1,34 \cdot 10^{-4}$	Buena
Rocacorba	Si	68	57,6 dB μ V/ -51,2 dBm	>33,0 dB	$2,7 \cdot 10^{-3}$	Buena
Rocacorba	Si	69	57,2 dB μ V/ -51,6 dBm	>32,9 dB	$8,9 \cdot 10^{-5}$	Buena

Tabla 4.14 Potencias recibidos

Los valores de las potencias recibidas están por encima de los valores medios que se deben tener en el área de recepción, por lo que el lugar del emplazamiento del centro reemisor es correcto.

4.8.3 Instalación existente en el emplazamiento

En el lugar donde se va a ubicar el reemisor existe actualmente un repetidor de telefonía móvil y un antiguo repetidor de televisión analógico.

Hay instalada una caseta con toma de corriente adaptada.



Fig. 4.16 Repetidor Telefonía



Fig. 4.17 Interior de la caseta y toma de corriente

4.8.4 Puntos del territorio a cubrir

En este apartado se van a mostrar las pérdidas de propagación entre el centro emisor y el punto marcado en la imagen.

Para la correcta elección del método de propagación utilizado, se ha obtenido el perfil orográfico con *GoogleEarth* y *RadioEarth* entre emisor y receptor. Tanto los perfiles como los cálculos se pueden observar en el Anexo I. La Fig. 4.18 muestra los diferentes enlaces.

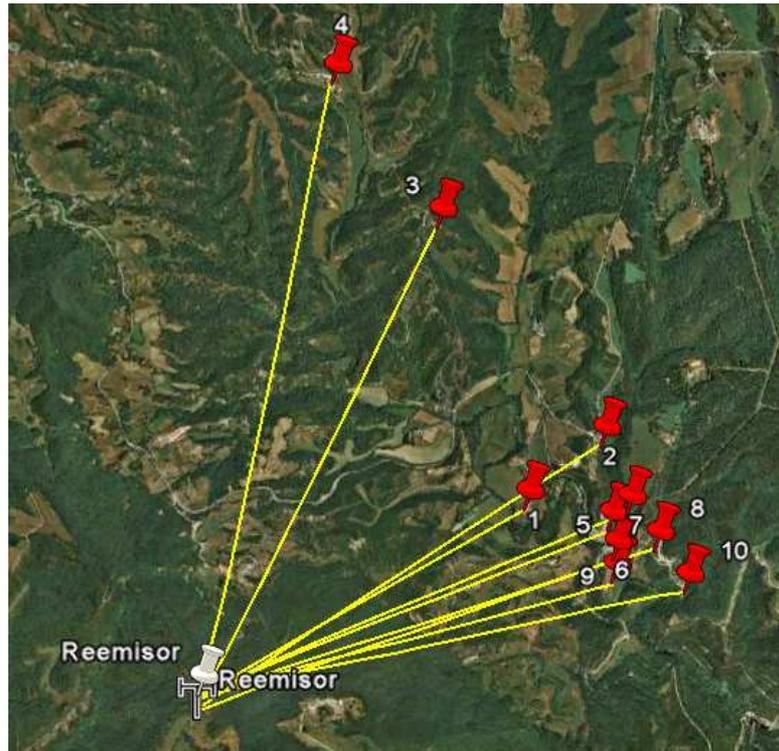


Fig. 4.18 Enlaces reemisor - receptor

El objetivo de este apartado es el de localizar en el territorio las zonas más críticas en cuanto pérdidas y niveles de recepción teóricos recibidos para posteriormente, al realizar la simulación, se tengan referencias sobre la orientación y ángulos necesarios en los paneles transmisores.

Las Tablas 4.15 y 4.16 muestran los resultados obtenidos:

Método Espacio Libre:

Referencia	Distancia (Km)	Tipo Propagación	Perdidas dB
Punto 1	2,064	Espacio Libre	91,79 dB
Punto 2	2,64	Espacio Libre	98,94 dB
Punto 3	3,04	Espacio Libre	100,88 dB
Punto 7	2,62	Espacio Libre	98,87 dB
Punto 8	2,74	Espacio Libre	99,26 dB
Punto 10	2,85	Espacio libre	99,60 dB

Tabla 4.15 Pérdidas espacio libre

Método Picquenard (obstáculos):

Referencia	Distancia (Km)	Tipo Propagación	Perdidas dB
Punto 4	3,59	Obstáculos	122,76 dB
Punto 5	2,48	Obstáculos	127,81 dB
Punto 6	2,46	Obstáculos	118,08 dB
Punto 9	2,42	Obstáculos	114,03 dB

Tabla 4.16 Pérdidas ocasionadas por obstáculos

4.8.5 Potencias recibidas

En este apartado se muestran las potencias teóricas recibidas en los puntos elegidos anteriormente.

El objetivo de estos cálculos es comprobar si con una potencia de 30 dBm (137,75 dBμV) cubriremos la zonas planteadas.

Para llegar al resultado final se tienen en cuenta todos los parámetros que se indican en la Fig. 4.19:

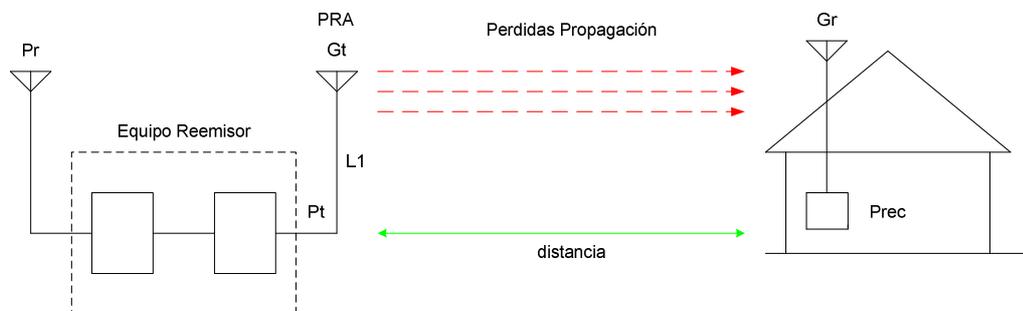


Fig. 4.19 Esquema de potencias, ganancias y pérdidas

Para el cálculo de la señal recibida:

$$Pr[dBm] = Pt[dBm] + Gt[dB] + Gr[dB] - L[dB] \quad (4.21)$$

Donde:

Pr = Potencia Recibida.

Pt = Potencia transmitida (30 dBm)

G_t = Ganancia del transmisor (13,15 dB)

G_r = Ganancia Antena receptora (16 dB)

L [dB] = Pérdida de Propagación.

Para la conversión de magnitudes se han utilizado las formulas descritas en el subapartado 4.2.5.

Referencia	Potencia Recibida (dBm)	Potencia Recibida (dB μ V)	Intensidad de campo (dB μ V/m)
Punto 1	-32,64	76,11	86,24
Punto 2	-39,79	68,96	79,09
Punto 3	-41,73	67,02	77,15
Punto 4	-62,61	46,19	57,32
Punto 5	-68,66	40,14	50,27
Punto 6	-58,93	49,82	59,95
Punto 7	-39,72	69,03	79,13
Punto 8	-40,11	68,64	79,77
Punto 9	-54,88	53,87	65
Punto 10	-40,45	68,03	78,16

Tabla 4.17 Niveles teóricos recibidos

4.8.6 Conclusión

Comparando el nivel de intensidad de campo con los valores publicados por el estándar ETSI TR 101 190, se comprueba que:

- El nivel de intensidad de campo teórico localizado en Pruit es correcto.
- El nivel de intensidad de campo teórico en el municipio de Rupit, en algunos casos está por debajo de los niveles establecidos.

La instalación de este centro reemisor garantiza que el nivel de recepción de señales de TDT únicamente en Pruit estará dentro de los parámetros establecidos.

4.9 Reemisor de Rupit

Este centro reemisor dará cobertura a la zona sur, mayoritariamente a la zona de Rupit.

4.9.1 Ubicación del reemisor

La ubicación de la torre se ha escogido teniendo en cuenta la necesidad de cubrir las zonas con deficiencias de cobertura. La zona de Rupit tiene visión directa a la posición de la torre.

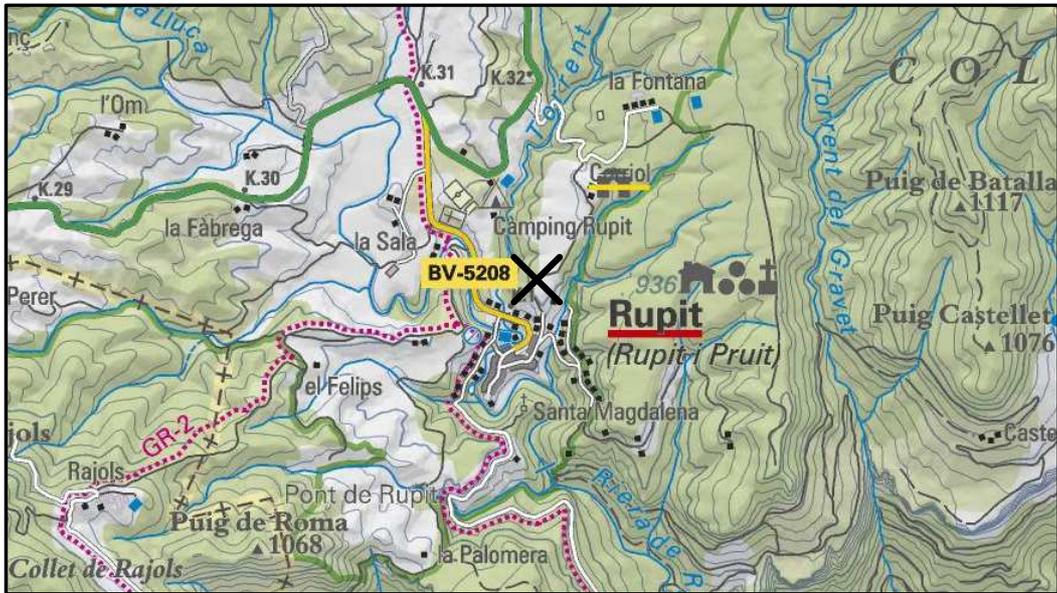


Fig. 4.20 Ubicación del reemisor – Mapa topogràfic

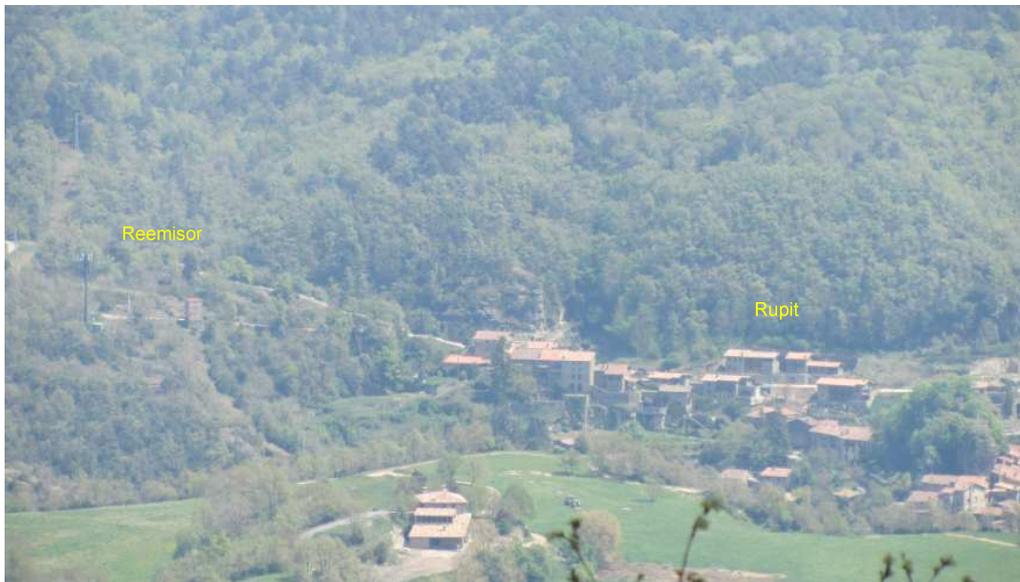


Fig. 4.21 Ubicación Reemisor



Fig. 4.22 Panorámica desde el emplazamiento del reemisor

4.9.2 Niveles recibidos

La siguiente tabla muestra los niveles de señal recibidos en el emplazamiento del reemisor.

Estos niveles se han obtenido con una antena UHF Fagor Serie Diana y con el medidor de campo Prodig-5 de Promax.

Frecuencias:

- Banda IV (500 Mhz): Mux 36, 46.
- Banda V (800 Mhz): Mux 60, 64, 66, 67, 68, 69

Medida Reemisor Latitud: 42° 1'36.90"N Longitud: 2°27'58.85"E Altitud: 1187m					
Centro emisor	Mux/ Canal	Potencia Recibida	MER	CBER	Valoración de la señal
Rocacorba	46	56,2 dBμV/ -56,3 dBm	29,8 dB	$1,6 \cdot 10^{-4}$	Buena
Rocacorba	60	59,7 dBμV/ -50 dBm	>32,7 dB	$8,5 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	64	58,8 dBμV/ -51,1 dBm	>32,7 dB	$9,5 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	66	57,8 dBμV/ -51,9 dBm	>32,9 dB	$4,7 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	67	58,6 dBμV/ -51,6 dBm	>31,9 dB	$1,57 \cdot 10^{-4}$	Buena
Rocacorba	68	57,9 dBμV/ -51,2 dBm	>32,8dB	$2,7 \cdot 10^{-5}$	Buena
Rocacorba	69	58,2 dBμV/ -51,6 dBm	>31,9 dB	$8,9 \cdot 10^{-5}$	Buena

Tabla 4.18 Niveles recibidos en el reemisor de Rupit

Los valores de las potencias recibidas están por encima de los valores medios que se deben tener en el área de recepción, por lo que el lugar del emplazamiento del centro remitidor es correcto.

4.9.3 Instalación existente en el emplazamiento

En el lugar donde se va a ubicar el reemisor existe actualmente los equipos de captación y amplificación de señal de TDT del municipio.

Hay instalada una caseta con toma de corriente.



Fig. 4.23 Interior de la Caseta



Fig. 4.24 Equipos de Recepción

4.9.4 Puntos del territorio a cubrir

En este apartado se van a mostrar las pérdidas de propagación entre el centro emisor y los puntos marcados en la imagen.

Para la correcta elección del método de propagación utilizado, se ha obtenido el perfil orográfico con *GoogleEarth* y *RadioEarth* entre emisor y receptor. Tanto los perfiles como los cálculos se pueden observar en el Anexo I.

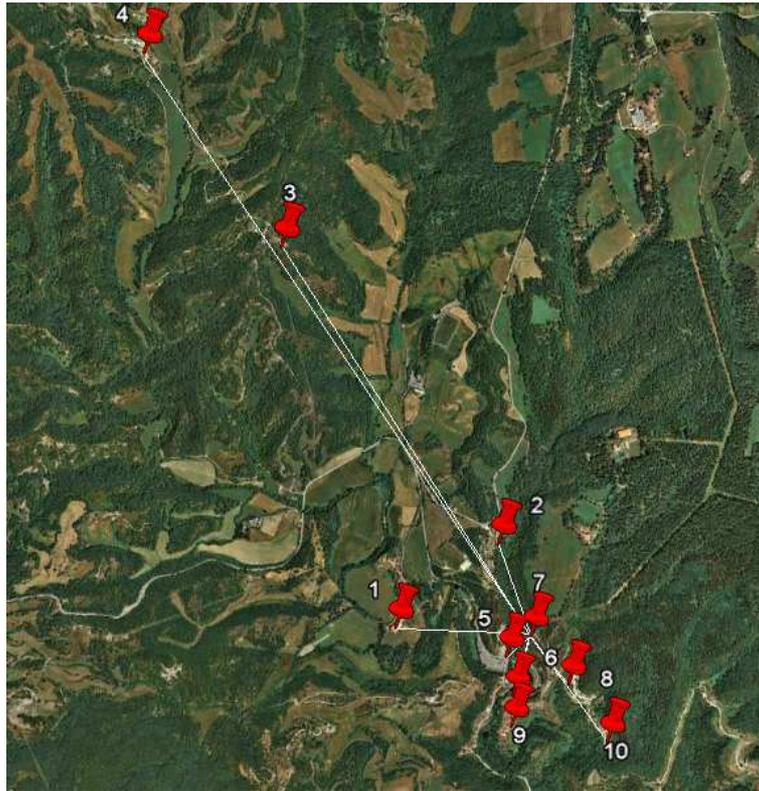


Fig. 4.25 Enlaces reemisor - receptor

El objetivo de este apartado es el de localizar en el territorio las zonas más críticas en cuanto pérdidas y niveles de recepción teóricos recibidos para posteriormente, al realizar la simulación, se tengan referencias sobre la orientación y ángulos necesarios en los paneles transmisores.

Las Tablas 4.19 y 4.20 muestran los resultados obtenidos:

Método Espacio Libre:

Referencia	Distancia (Km)	Tipo Propagación	Perdidas dB
Punto 1	0.614	Espacio Libre	86,26 dB
Punto 2	0.429	Espacio Libre	83,15 dB
Punto 5	0.148	Espacio Libre	73,90 dB
Punto 6	0.293	Espacio Libre	79,83 dB
Punto 8	0.275	Espacio Libre	79,28 dB
Punto 9	0.423	Espacio Libre	83,02 dB
Punto 10	0.570	Espacio libre	85,61 dB

Tabla 4.19 Perdidas espacio libre

Método Picquenard (obstáculos):

Referencia	Distancia (Km)	Tipo Propagación	Perdidas dB
Punto 3	1.97	Obstaculo	113.30 dB
Punto 4	2.91	Obstaculo	>150 dB

Tabla 4.20 Perdidas producidas por obstáculos

4.9.5 Potencias Recibidas

En este apartado se muestran las potencias teóricas recibidas en los puntos elegidos anteriormente.

El objetivo de estos cálculos es comprobar si con una potencia de 30 dBm (137,75 dBμV) cubriremos la zonas planteadas.

Para llegar al resultado final se tienen en cuenta todos los parámetros que se indican en la Fig 4.26:

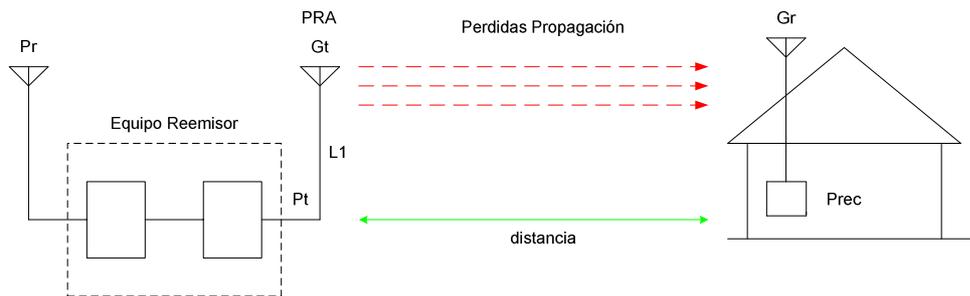


Fig. 4.26 Esquema de potencias, ganancias y pérdidas

Para el cálculo de la señal recibida:

$$Pr[dBm] = Pt[dBm] + Gt[dB] + Gr[dB] - L[dB] \tag{4.22}$$

Donde:

Pr = Potencia Recibida.

Pt = Potencia transmitida

Gt = Ganancia del transmisor (13,15 dB)

Gr = Ganancia Antena receptora (16 dB)

$L[dB]$ = Pérdida de Propagación.

Para la conversión de magnitudes se han utilizado las formulas descritas en el apartado 4.2.3.

Referencia	Potencia Recibida (dBm)	Potencia Recibida (dB μ V)	Intensidad de campo (dB μ V/m)
Punto 1	-26,6	82,15	> 80
Punto 2	-23,15	85,6	> 80
Punto 3	-53,3	55,45	77,15
Punto 4	<-70	< 40	< 51
Punto 5	-13,9	91	> 80
Punto 6	-19,83	88,92	> 80
Punto 8	-19,28	89,47	> 80
Punto 9	-23,02	85,68	> 80
Punto 10	-25,61	83,14	> 80

Tabla 4.21 Estimación de potencias recibidas

4.9.6 Conclusión

Comparando el nivel de intensidad de campo con los valores publicados por el estándar ETSI 101 190 TR, se comprueba que:

- El nivel de intensidad de campo teórico localizado en Rupit es correcto. Incluso se garantiza el correcto funcionamiento para antenas de interior.
- El nivel de intensidad de campo teórico en el municipio de Pruit, en algunos casos está por debajo de los niveles establecidos.

La instalación de este centro reemisor garantiza que el nivel de recepción de señales de TDT en Rupit esta dentro de los parámetros establecidos.

4.10 Simulación

En este apartado se va a realizar la simulación del estudio técnico. Para ello se ha utilizado el software *RadioEarth* de la empresa *Radiatio*.

RadioEarth es una herramienta que interacciona con *GoogleEarth* y permite realizar simulaciones de coberturas radioeléctricas de sistemas de radiocomunicaciones TDT utilizando diferentes modelos de propagación.

La simulación, como el estudio técnico, está dividido en 2 partes: simulación para el reemisor de Pruit y simulación para el reemisor de Rupit.

Para realizar esta simulación se han utilizado los parámetros calculados a lo largo de este PFC.

El método de propagación utilizado ha sido el recomendado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), el método P.1546. Se ha elegido este método ya que es el idóneo para realizar planificaciones de coberturas en terrenos rurales.

El objetivo de esta simulación es el de mostrar los niveles de recepción reales dentro del área que en la que se ha trabajado y mostrarlos con exactitud. Para realizar la planificación se han utilizado los parámetros y cálculos obtenidos a lo largo de este PFC.

4.10.1 Modelo de propagación

Como se ha comentado en la introducción, el método de propagación utilizado ha sido el ITU-R P.1546.

Este método es válido para entornos rurales, donde el receptor se encuentra hasta una distancia de 1000 Km. y la frecuencia no es mayor de 3 GHz. Se emplea sobre todo para servicios de radiodifusión.

Es un método empírico en el que tomando el valor de campo eléctrico de unas curvas tabuladas, se realizan unas correcciones en función de diversos parámetros.

Las gráficas que proporciona la recomendación estiman el valor de campo eléctrico para las frecuencias de 100, 600 y 2000 Mhz, en función de la distancia entre transmisor y receptor y se encuentran parametrizadas en función de la altura de referencia de antena transmisora.

Dentro de este modelo de predicción encontraremos Variables Locales y Variables Temporales.

En esta recomendación se trabaja con una variabilidad local (VL) del 50%, la variabilidad local abarca muchos aspectos, el coeficiente de campo eléctrico que posee dicha localidad donde se requiere el análisis de cobertura, montañas, vegetación, clima, etc. Al decir que se considera una variabilidad local del 50% quiere decir, que en toda la extensión del área en donde se está realizando el cálculo, existirá un 50% donde nuestras condiciones de Potencia de transmisión (Tx) o recepción (Rx) sean mayores a las estipuladas.

La Variable Temporal (VT) representa las variaciones de intensidad de campo posibles en un canal de enlace. Este puede ser afectado por diferentes valores de refracción atmosférica o posibles movimientos del receptor. El porcentaje de tiempo (VT) representa la cantidad de tiempo en la que el Rx recibirá una intensidad de señal superior a la estimada. Por ejemplo, si tenemos una intensidad de potencia de -70 dBm con un valor de VT = 1%, significa que la señal recibida será mayor o igual a -70 dBm durante el 1% del tiempo, es decir mientras mayor sea el valor de VT, mayor será la confiabilidad de la predicción.

Los valores de VT=1% son generalmente utilizados cuando se desea realizar un análisis de interferencia con otras señales teniendo conocimiento pleno de este problema.

Los valores comunes a utilizar para VT son 1%, 10%, y 50% estos valores garantizan la confiabilidad de los cálculos.

En este PFC se ha utilizado una VT del 50 % para, tal como se ha explicado anteriormente, garantiza la validez de la predicción.

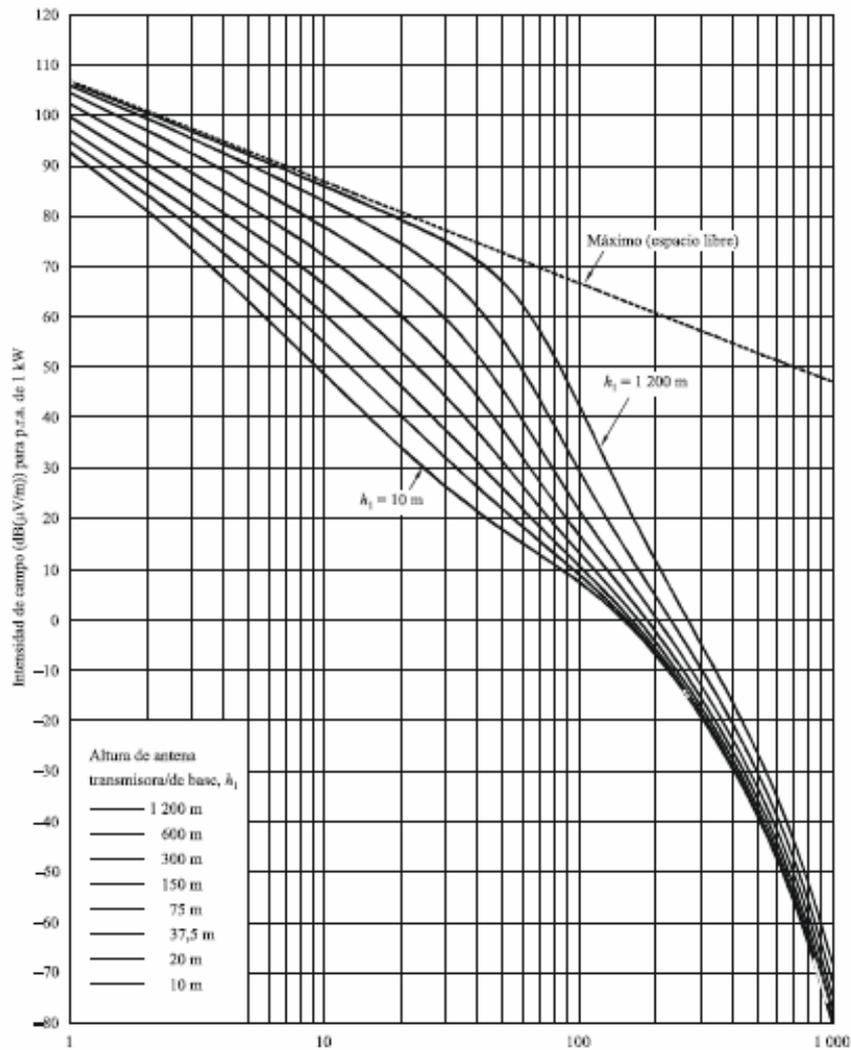


Fig. 4.27 Curvas de predicción del modelo ITU-R P.1546 Modelo de Predicción Punto-Área (600 Mhz)

4.10.2 Simulación de Pruit

A continuación se va a mostrar paso a paso la realización de la simulación:

1.- Creamos una nueva cobertura de campo eléctrico.

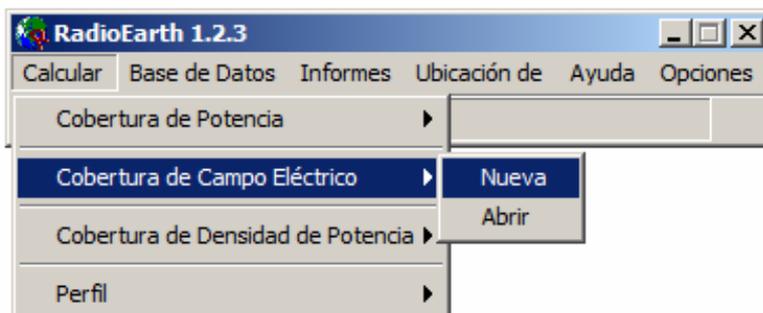
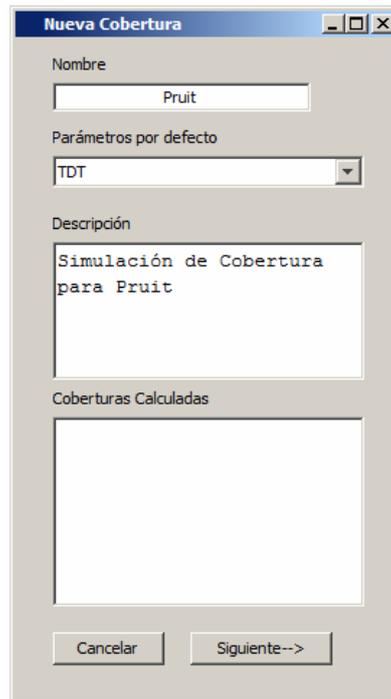


Fig. 4.28 Nueva cobertura campo eléctrico

2.- Indicamos el nombre de la simulación:



Nueva Cobertura

Nombre
Pruit

Parámetros por defecto
TDT

Descripción
Simulación de Cobertura
para Pruit

Coberturas Calculadas

Cancelar Siguiete-->

Fig. 4.29 Nombre de la simulación

3.- Introducimos los valores calculados previamente.



Transmisión

PIRE (Pt - Lt + Gt): 10.5 dBW

Potencia Transmitida (Pt): 30 dBm

Ganancia (Gt): 13.15 dB

Pérdidas (Lt): 3 dB

Cancelar Siguiete-->

Fig. 4.30 Parámetros para la nueva cobertura

4.- Introducimos el umbral. 51 dB μ V/m ya que realizaremos la simulación con una frecuencia de 800 Mhz.



Recepción

Campo Eléctrico

Umbral 51 dBu

<--Atrás Siguiete-->

Fig. 4.31 Umbral

5.- Indicamos las coordenadas geográficas del centro reemisor, altura de la antena, antena utilizada y acimut y elevación ideales calculada anteriormente.

The screenshot shows the 'Pérdidas de Propagación' software window with the 'Estación Base' tab selected. The interface is divided into several sections:

- Localización:** Latitude (Grados decimales): 42.020284, Longitude (Grados decimales): 2.437172. Buttons: 'Abrir', 'Ir a', 'Mapa'.
- Altura:** Altura sobre el suelo (m): 10.
- Antena:** Radio buttons for 'Isotrópica' and 'Otra'. 'Otra' is selected. Ruta: carpeta\diagramas_ideales\directiva_60.dat. Button: 'Explorar'.
- Orientación:** Two diagrams: 'Plano Horizontal' showing an angle ϕ from North ($\phi=0^\circ$), and 'Plano Vertical' showing an angle θ from the horizontal ($\theta=0^\circ$). Below the diagrams are input fields: Acimut ($0^\circ, 359^\circ$): 30, Elevación ($-90^\circ, 90^\circ$): 6.27.

Navigation buttons at the bottom: '<--Atrás' and 'Aceptar'.

Fig. 4.32 Datos estación base

6.- Seleccionamos el método de propagación.

The screenshot shows the 'Pérdidas de Propagación' software window with the 'Datos' tab selected. The interface includes the following fields and options:

- Datos:** Frecuencia: 862 MHz. Método de Cálculo: UITR-R P. 1546.
- Ruta MDT: C:\RadioEarth\Coverages_EF\Fruit\alturasTemp.txt. Button: 'Explorar'.
- Auto (Requiere conexión a internet). The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). U.S. Geological Survey.
- Factor k: 1.33. Resolución (MDT): 90.
- Mapa de pérdidas adicionales por uso de suelo: Ninguno.

Navigation buttons at the bottom: '<--Atrás' and 'Aceptar'.

Fig. 4.32 Elección del modelo de propagación

7.- Por último introducimos el radio de cálculo.

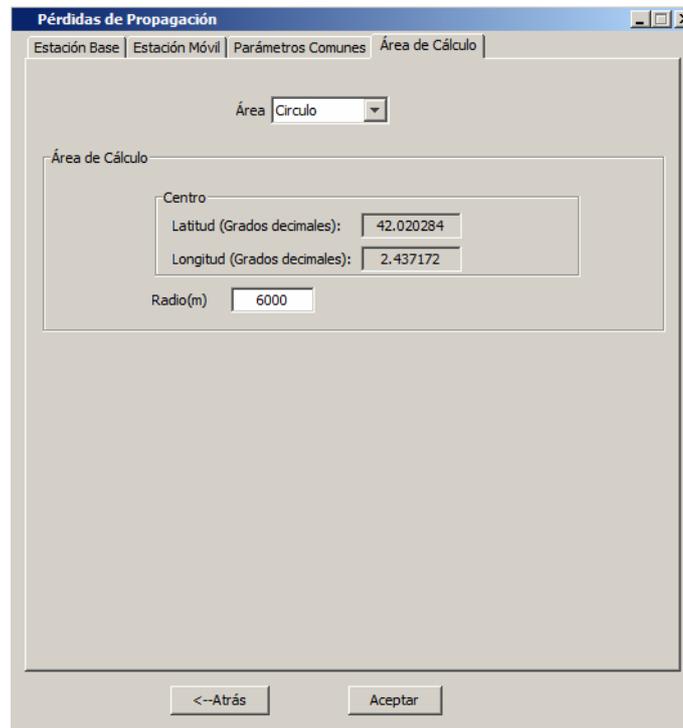


Fig. 4.33 Radio de la cobertura

La Fig. 4.2.4 nos muestra el área cubierta con un nivel de recepción por encima de los 51 dB μ V/m (Nivel mínimo aceptado por el estándar ETSI TR 101 190).

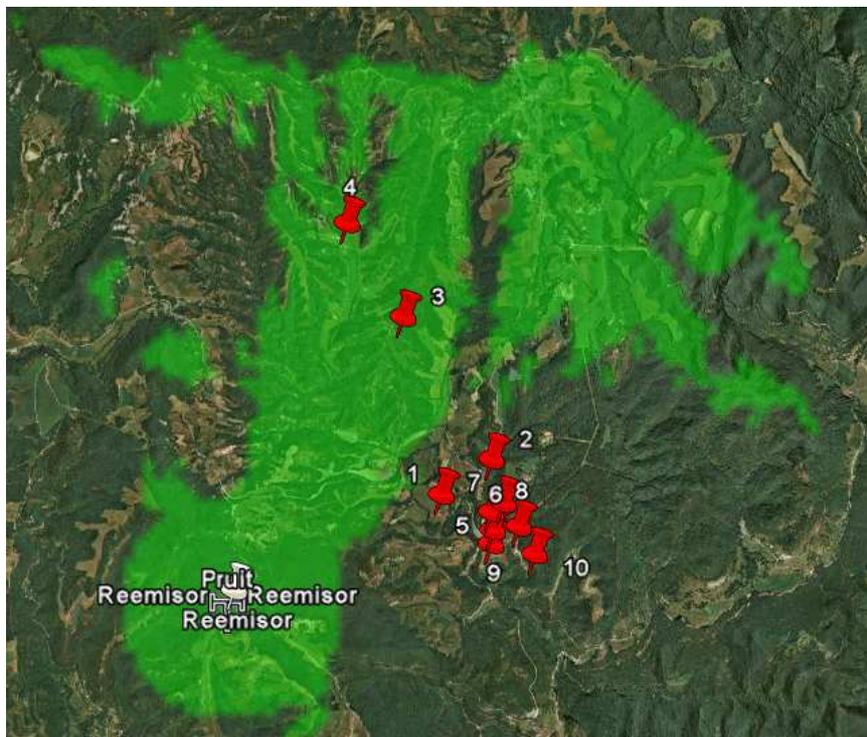


Fig. 4.34 Área cubierta

Área cubierta detallada con intervalos:

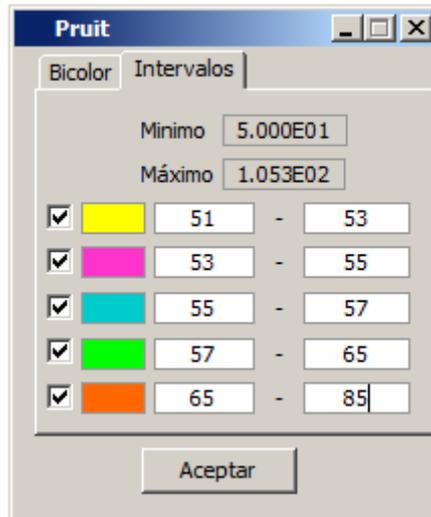


Fig. 4.35 Intervalos campo eléctrico

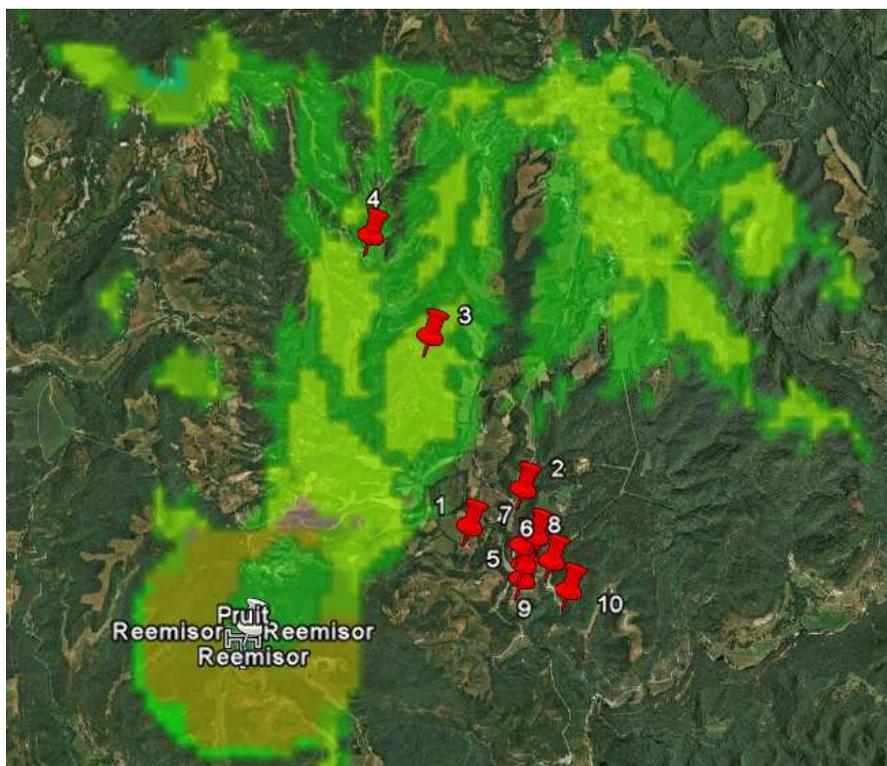


Fig. 4.36 Área cubierta con niveles de campo eléctrico

Se observa como el área de Pruit queda totalmente cubierta con niveles de intensidad de campo de $51 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a $65 \text{ dB}\mu\text{V/m}$.

Aquellos lugares donde sobrepase los $64 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ también se garantiza la recepción de señal de TDT con antenas interiores.

4.10.3 Simulación de Rupid

Para realizar la simulación en Rupid, se introducirán los mismos parámetros que en la simulación anterior a excepción de la localización de la estación base, acimut y elevación.

Fig. 4.37 Datos estación base Rupid

Área cubierta con un nivel de recepción por encima de los 51 dB μ V/m (Nivel mínimo aceptado por el estándar ETSI TR 101 190).

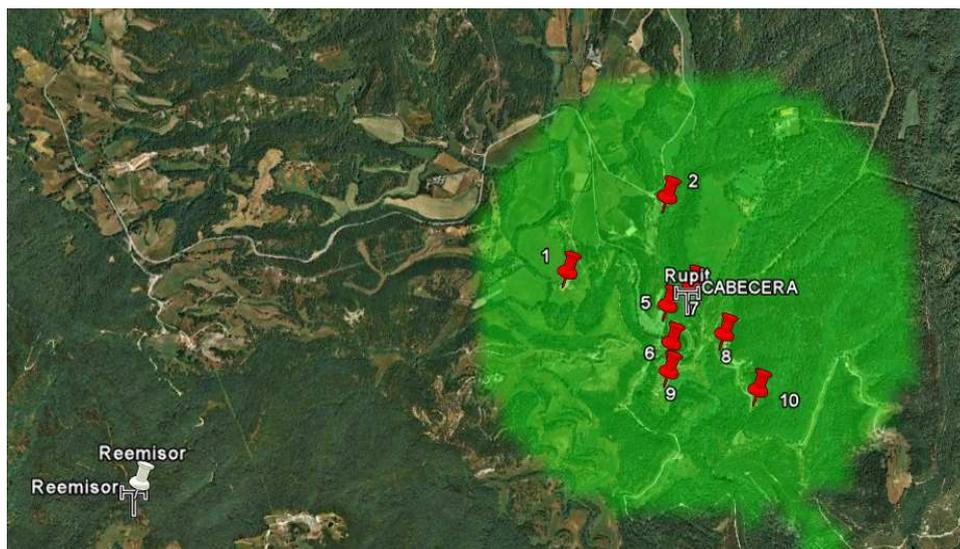


Fig. 4.38 Área cubierta Rupid

Área cubierta detallada con intervalos.

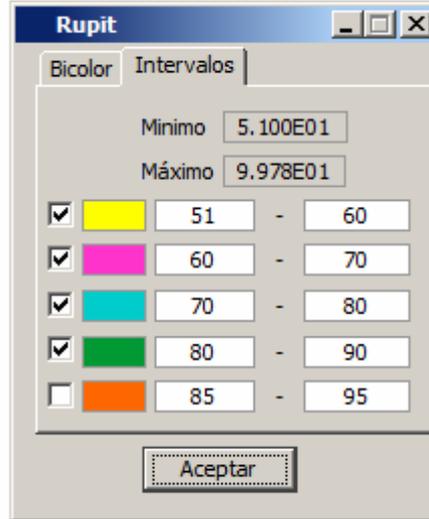


Fig. 4.3.9 Intervalos de campo electrico

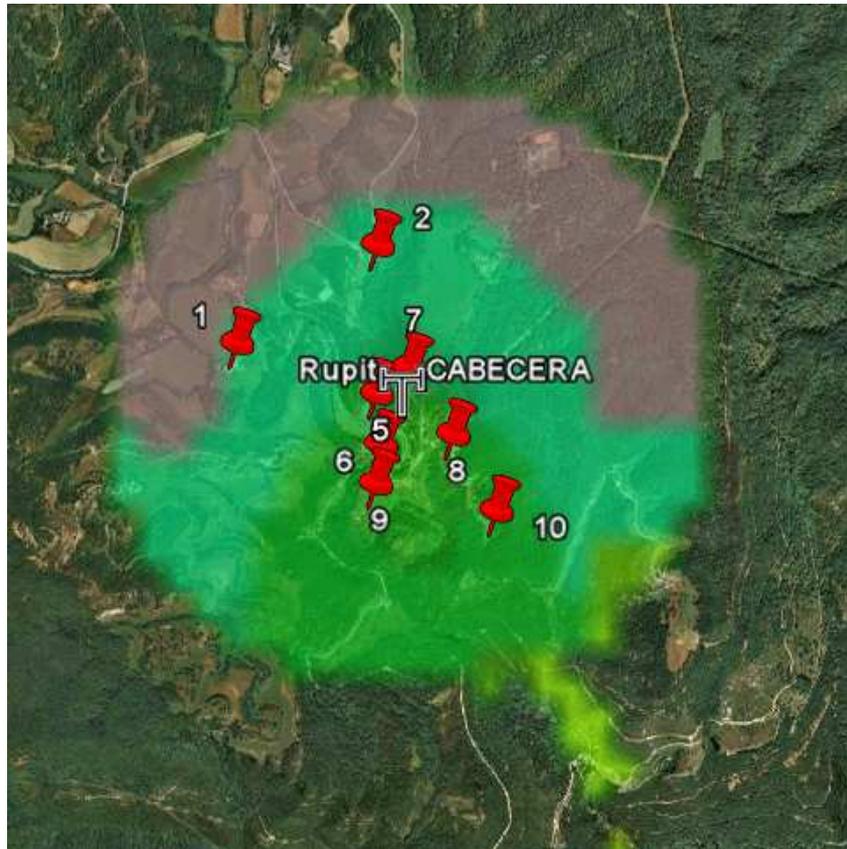


Fig. 4.40 Área cubierta con niveles de campo eléctrico

Se observa que prácticamente en todos los puntos marcados el nivel de intensidad de campo está por encima de 60 dB μ V/m, lo que garantiza la correcta recepción de servicios de TDT para antenas exteriores e interiores.

4.10.4 Cobertura global de los reemisores

A continuación se puede observar la cobertura global que ofrecen los dos centros emisores.

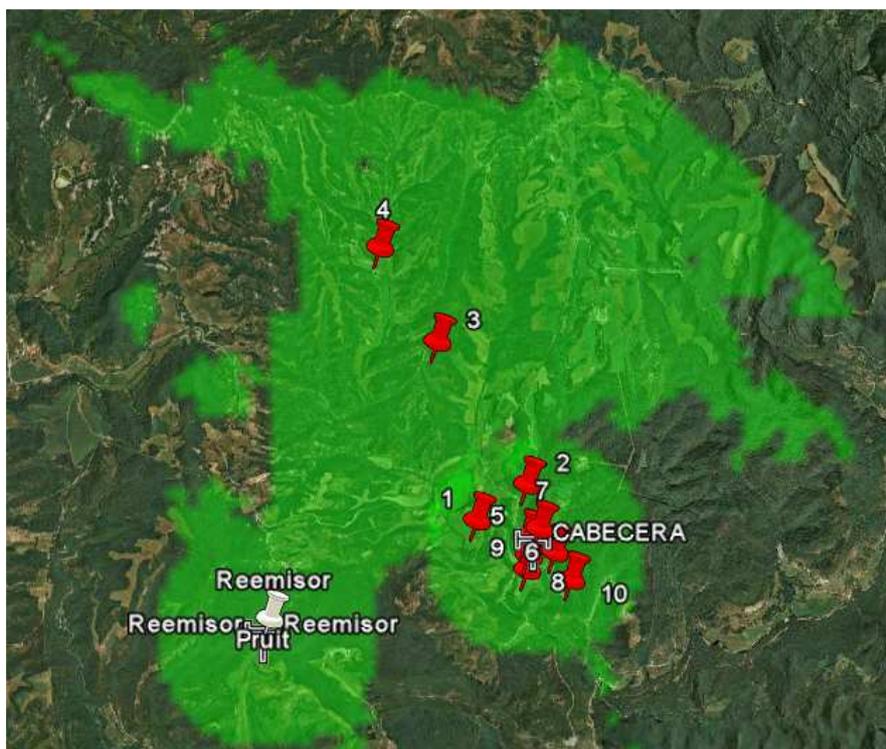


Fig. 4.41 Área total cubierta con los 2 reemisores

5. Equipos a instalar

En este apartado se van a describir los equipos seleccionados para la implementación de los dos centros reemisores.

Las características de los equipos escogidos garantizan la correcta recepción de servicios de TDT en el área que se desea cubrir, por lo que los elementos instalados en los dos reemisores serán iguales.

Los elementos que componen la cadena de transmisión son:

- Equipo reemisor
- Sistema Radiante.
- Línea de transmisión
- Triplexador

Las características técnicas de estos elementos se pueden ver en el pliego de condiciones.

A continuación se describen los elementos que componen el centro emisor y las características de los paneles radiantes, línea de transmisión y triplexores.

5.1 Reemisor

La estación reemisora planteada consta de una antena receptora, 1 cabecera *Digital to Tv (DTTV)* de Promax y 2 paneles transmisores. Mediante la antena receptora, se captan los 8 canales de TDT procedentes del centro emisor Rocacorba. Posteriormente la cabecera DTTV se encarga de extraer de cada canal la secuencia de datos digital (trama de transporte), corregir todos los errores que se han incorporado durante la transmisión y modular de nuevo, en formato TDT, la secuencia restaurada. Las señales de TDT obtenidas, convenientemente amplificadas por la misma cabecera, se radian hacia el municipio mediante las antenas transmisoras.

La cabecera DTTV instalada como centro emisor consta de 4 unidades DT-212 y 4 unidades DT-730. El módulo DT-212 realiza la función de transmodulación DVB-T a DVB-T, con capacidad para dos canales, y el módulo DT-730 efectúa la operación de mezcla y amplificación de las señales regeneradas (+30 dBm).

Para la optimizar la potencia radiada los canales se amplifican en grupos de dos de modo que se emplean 4 unidades DT-730, conectándose la salida de cada módulo a triplexores que nos permitan obtener 2 grupos de 4 canales. Cada grupo de 4 canales se conectará al panel transmisor.

Para la alimentación de los 8 módulos, 4 DT-212 y 4 DT-730, se instala 2 módulos DT-800. Cada módulo DT-800 alimenta hasta 7 módulos DT.

La Fig. 5.1 nos muestra el esquema de la línea de transmisión:

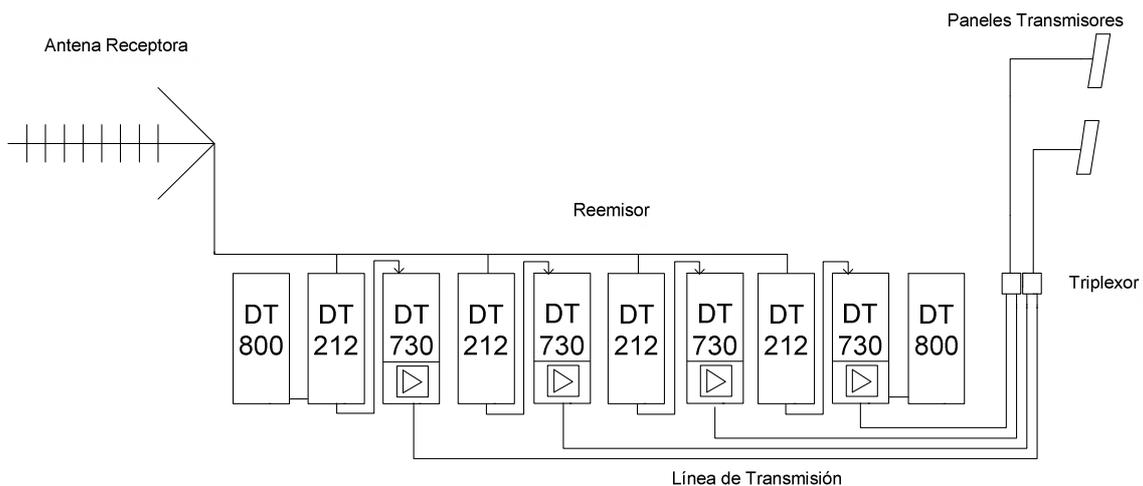


Fig 5.1 Esquema de la cadena de transmisión

Para evitar interferencias intersimbólicas y problemas con la realimentación de señales, se decide convertir los canales captados a otros de frecuencias mas bajas. La conversión a frecuencias conlleva menores pérdidas de propagación entre emisor receptor.

La Tabla 5.1 nos muestra los canales y servicios recibidos, mientras la Tabla 5.2 nos muestra los canales y servicios emitidos

Canales recibidos		
Servicio	Canal	Frecuencia
EDC	36	594
TVC2	46	674
TVC1	60	786
RGE	64	818
SFN 1	66	834
SFN 2	67	842
SFN 3	68	850
SFN 4	69	858

Tabla 5.1 Canales recibidos

Canales emitidos		
Servicio	Canal	Frecuencia
EDC	29	538
TVC2	31	554
TVC1	35	592
RGE	38	610
SFN 1	40	628
SFN 2	41	634
SFN 3	42	642
SFN 4	49	700

Tabla 5.2 Canales a emitir

5.2 Sistema Radiante.

El sistema radiante está formado por 2 paneles de 4 dipolos (cada panel emitirá hasta 4 canales) de la marca Diratel, modelo VPH4R, con una ganancia de 13,5 dBi.

Los paneles, estarán orientados (acimut) y elevados según su ubicación.

Rupit	
Acimut:	Elevación:
180°	3,5°
Pruit	
30°	6,27°

Tabla 5.3 Elevación e Inclinación

5.3 Línea de transmisión

La longitud de la línea de transmisión es de 12 metros. El cable coaxial es de la marca Vimesa, modelo Cellflex 1/2".

5.4 Triplexadores

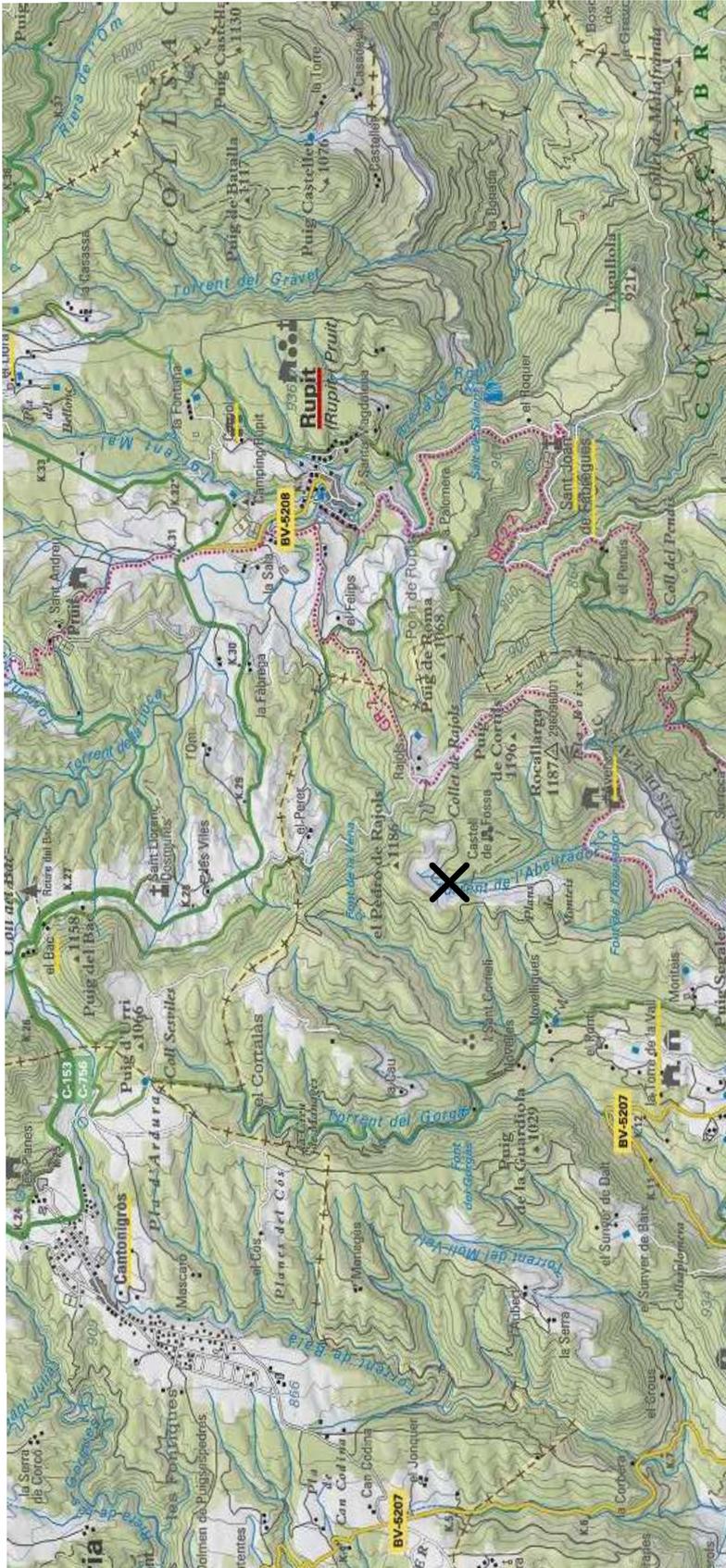
El triplexor es el elemento de la línea de transmisión que multiplexa los canales de salida del equipo reemisor en una única salida. Es el enlace entre el reemisor y el panel transmisor.

Se instalan 2 triplexores de la marca Egatel, modelo TR20 y sus pérdidas se estiman en 1dB.

6.- Planos y esquemas

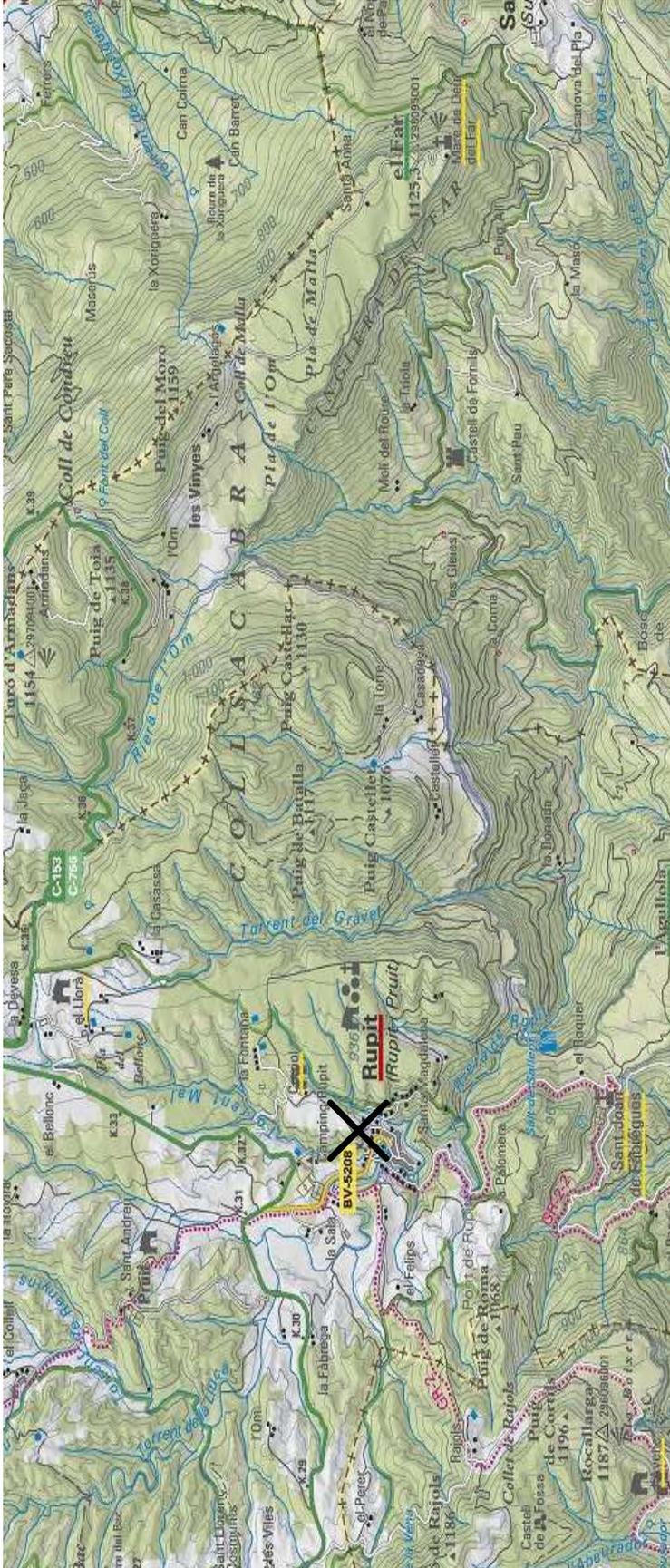
En este capítulo se van a mostrar los planos y esquemas referentes a las ubicaciones de los reemisores, simulaciones, diagrama de radiación de los paneles transmisores y esquema de instalación del centro reemisor.

6.1 Ubicación del reemisor de Pruit



Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio Rupit y Pruit
Autor: Fco Javier Yamuza Palma
Ponente: Antoni Satué Villar
Emplazamiento del reemisor de Pruit sobre plano topográfico 1:50.000
Coordenadas geográficas: Latitud: 42° 11.84"N Longitud: 2° 26'12.70"E
Plano 6.2

6.2 Ubicación del reemisor de Rupit



Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio Rupit y Pruit

Autor: Fco Javier Yamuza Palma

Ponente: Antoni Satué Villar

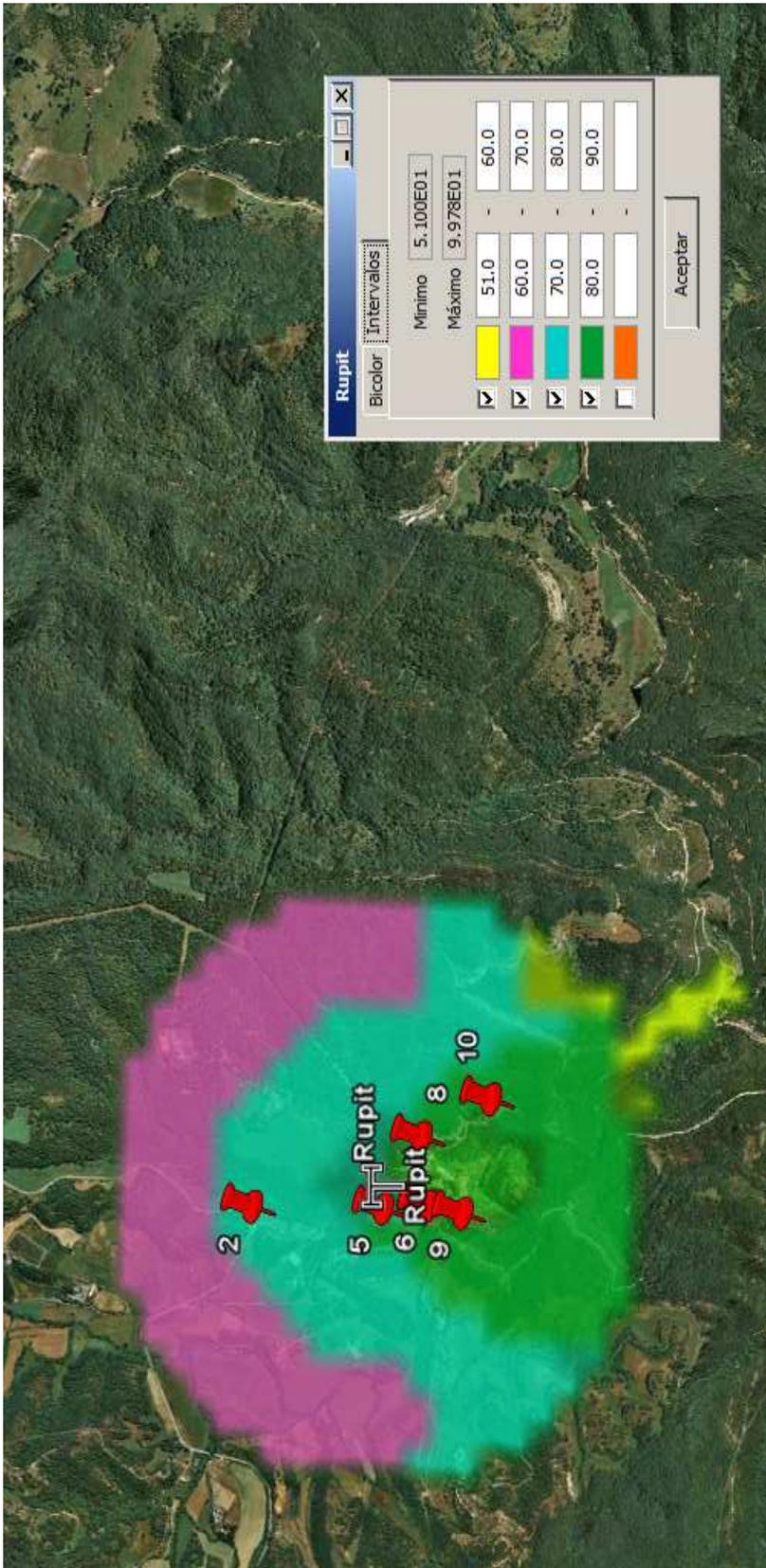
Emplazamiento del reemisor de Rupit sobre plano topográfico 1:50.000

Coordenadas geográficas: Latitud: 42° 1'36.90"N

Longitud: 2°27'58.85"E

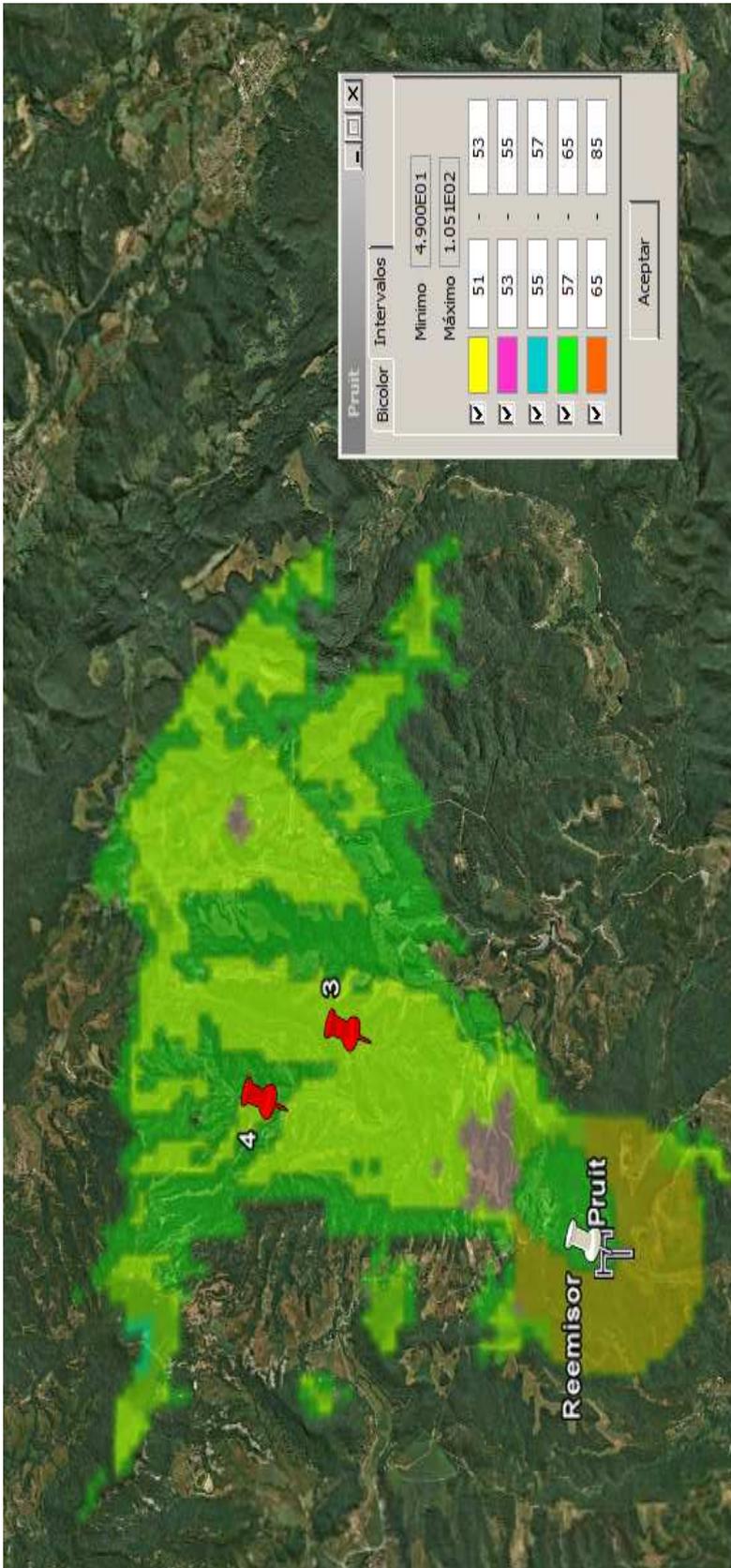
Plano 6.2

6.3 Simulación de cobertura en Rupit



Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio Rupit y Pruit	
Autor: Fco Javier Yamuza Palma	
Ponente: Antoni Satué Villar	
Resultado de la simulación de cobertura en Rupit con <i>RadioEarth</i>	
Coordenadas geográficas: Latitud: 42° 11.84'N	
Longitud: 2° 26' 12.70"E	
Plano 6.4	

6.4 Simulación de cobertura en Pruit



Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio Rupit y Pruit

Autor: Fco Javier Yamuza Palma

Ponente: Antoni Satué Villar

Resultado de la simulación de cobertura en Pruit con

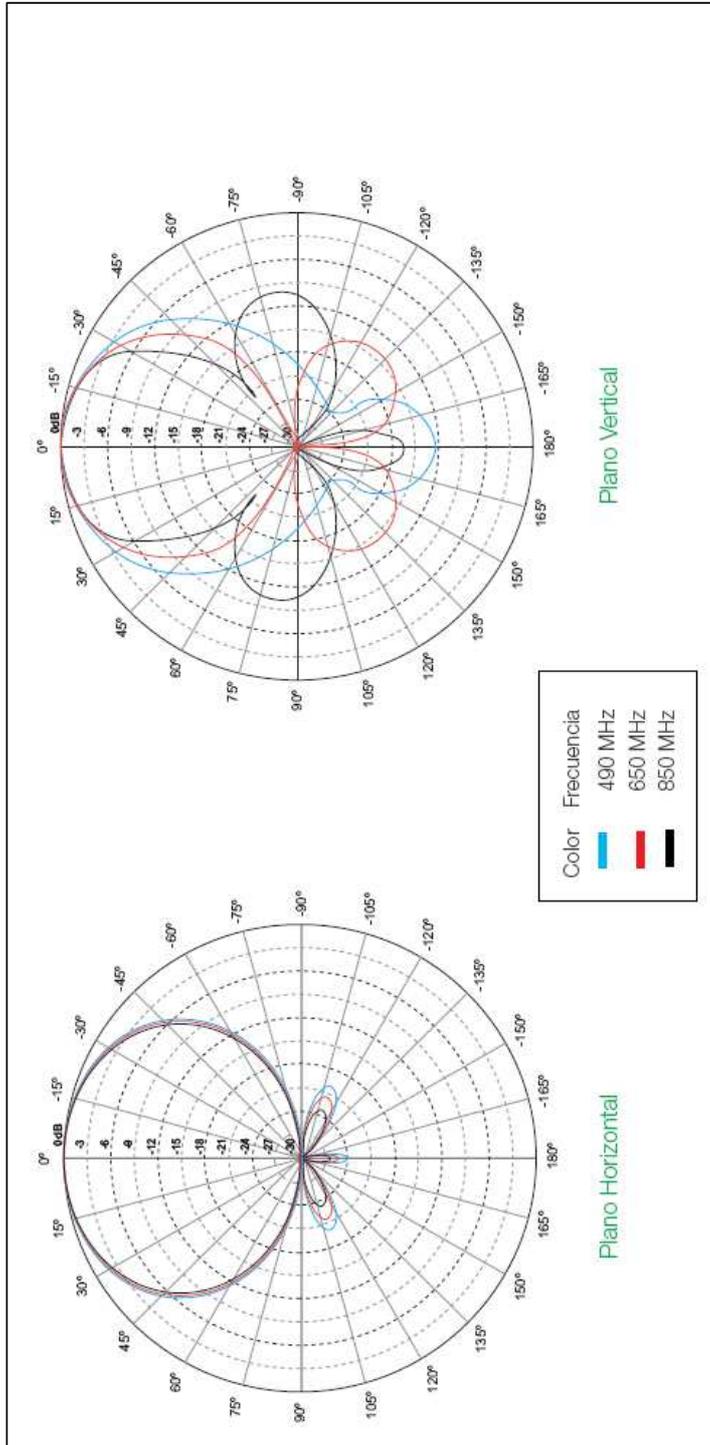
RadioEarth

Coordenadas geográficas: Latitud: 42° 11.84"N

Longitud: 2° 26' 12.70"E

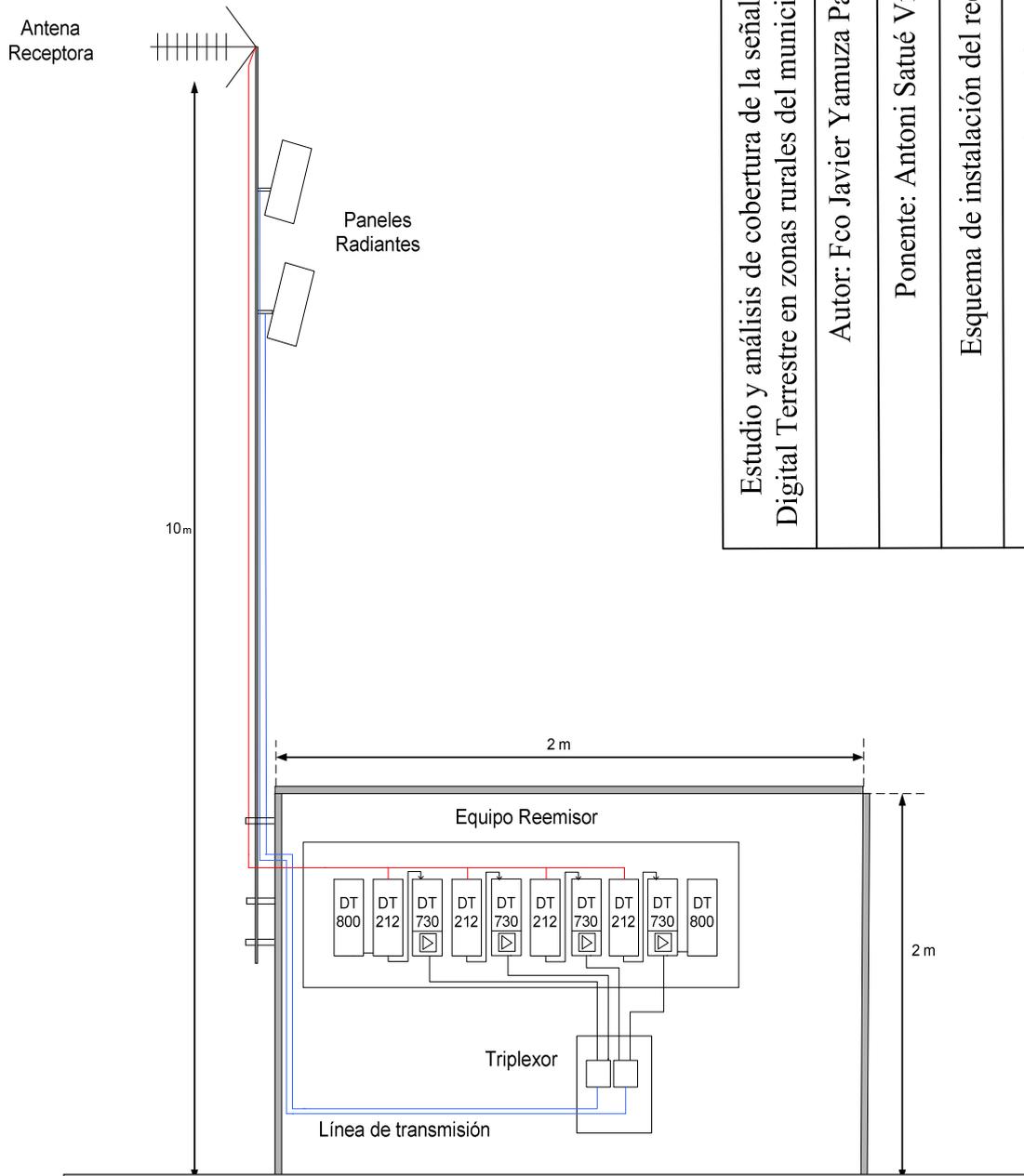
Plano 6.3

6.5 Diagramas de Radiación



Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio Rupit y Pruit
Autor: Fco Javier Yamuza Palma
Ponent: Antoni Satué Villar
Diagramas de Radiación de los paneles radiantes
Plano 6.5

6.6 Esquema Reemisor



Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio Rupit y Pruit
Autor: Fco Javier Yamuza Palma
Ponente: Antoni Satué Villar
Esquema de instalación del reemisor
Plano 6.6

7.- Estudio económico

En el estudio económico elaborado en este PFC de pueden distinguir 4 fases:

- 1.- Costes asociados al estudio técnico inicial.
- 2.- Coste asociado al diseño de la propuesta técnica.
- 3.- Coste del equipo reemisor y puesta en servicio.
- 4.- Redacción de la memoria del PFC.

A continuación se va a describir cada una de ellas:

7.1 Estudio técnico inicial

En ella se muestra los costes relacionados al estudio técnico de la zona en la que se ha trabajado.

A continuación se describe el trabajo realizado en la primera fase de este PFC.

- 1.- Tras visita concertada con la persona representante en materia de telecomunicaciones del ayuntamiento de Rupit y Pruit, el sr. Joan Sarsanedas, se realiza una visita técnica al municipio para realizar un primer análisis de la situación actual en la que se encuentra el municipio. Esta visita técnica se realiza el día 22 de enero de 2011.
- 2.- Después de valorar posibles soluciones planteadas, se realiza una segunda visita técnica. En esta segunda visita se accede al municipio con equipos de medida (antena de UHF y medidor de campo) y se toman medidas de señal en Pruit, Rupit, cabecera de televisión y en un monte elevado cercano al municipio. Esta segunda visita técnica se realiza el 19/03/2011.

ESTUDIO TECNICO DE LA ZONA			
Cantidad	Concepto	Precio Unidad	Total
	Visita técnica 22/01/2011		
	Valoración inicial de la situación actual del municipio		
5	Mano de obra (Horas)	22,00 €	110,00 €
1	Desplazamiento	35,00 €	35,00 €
	Visita técnica 19/03/2011		
	Toma de medidas en diferentes lugares del municipio		
7	Mano de obra (Horas)	22,00 €	154,00 €
1	Desplazamiento	35,00 €	35,00 €
	Base Imponible		334,00 €
	18% IVA		60,12 €
	TOTAL		394,12 €

7.2 Diseño de la propuesta

En este apartado se ha contabilizado los costes asociados al diseño de la solución propuesta. Incluye los cálculos realizados, selección de los equipos, ubicación de los reemisores, simulaciones y planos y esquemas.

DISEÑO			
Cantidad	Concepto	Precio Unidad	Total
25	Cálculos Mano de obra (Horas)	22,00 €	550,00 €
5	Ubicación de los equipos Mano de obra (Horas)	22,00 €	110,00 €
8	Elección de los equipos Mano de obra (Horas)	22,00 €	176,00 €
20	Simulaciones con RadioEarth Mano de obra (Horas)	22,00 €	440,00 €
8	Planos y esquemas Horas	22,00 €	176,00 €
	Base Imponible		1452,00 €
	18% IVA		261,36 €
	TOTAL		1713,56 €

7.3 Coste del equipo reemisor y puesta en servicio.

En este apartado se van a presentar los costes asociados a la instalación de un centro reemisor.

Como se ha comentado en apartados anteriores, tanto el reemisor de Pruit como el de Rupit presentan las mismas características, por lo que el coste de los equipos y su instalación es equivalente.

En este apartado se va a presentar el coste del equipo reemisor y su puesta en funcionamiento.

COSTE DEL REEMISOR			
Cantidad	Concepto	Precio Unidad	Total
1	Antena Receptora Antena UHF 21-69 Diana Series de Fagor	48,00 €	48,00 €
4	Equipo Reemisor Modulo transmodulador DT-212 de Promax	3.160,00 €	12.640,00 €
4	Modulo amplificador DT-730 de Promax	2.460,00 €	9.840,00 €
2	Fuente de amplificación DT-800 de Promax	1.120,00 €	2.240,00 €
2	Estructuras DT-900 abatible para pared	350,00 €	700,00 €
3	Derivador UHF de 2 salidas	6,00 €	18,00 €
2	Panel Transmisor Diratel VPH4R	350,00 €	700,00 €
24	Cable coaxial Cellflex 1/2" Vimesa	5,38 €	129,12 €
10	Conector F	0,25 €	2,50 €
2	Triplexor Egatel conector N	12,00 €	24,00 €
12	Conectores N	0,50 €	4,00 €
3	Mástil de 3 m	16,95 €	50,85 €
16	Mano de Obra y puesta en servicio (Horas de Técnico)	32,00 €	512,00 €
	Base Imponible		26.908,47 €
	18% IVA		4.843,52 €
	TOTAL		31.751,99 €

7.4 Documentación

En este apartado se va a presentar el coste asociado a la elaboración de la documentación del estudio realizado.

DOCUMENTACIÓN			
Cantidad	Concepto	Precio Unidad	Total
75	Redacción de la documentación Mano de obra (Horas)	22,00 €	1650,00 €
	Base Imponible		1650,00 €
	18% IVA		297,00 €
	TOTAL		1947,00 €

7.5 Conclusión

Se ha decidido realizar el estudio económico por partes para proporcionar al cliente final los datos asociados al coste de cada trabajo realizado durante el estudio realizado.

También se ha decidido indicar el coste de un centro reemisor para, dependiendo de su necesidad, ofrecer al cliente la posibilidad de seleccionar una única zona a cubrir.

En el presente estudio económico no se ha incluido el tiempo que se ha dedicado a recoger toda la información necesaria para la correcta implementación del centro reemisor. Tampoco se ha incluido el tiempo dedicado a la realización de la parte teórica de este proyecto. El motivo de la no inclusión del trabajo previo realizado, es que se entiende, que el cliente no tiene la obligación ni la necesidad de hacerse cargo de la formación que ha tenido que realizar el ingeniero/alumno para diseñar la solución propuesta.

Se ha necesitado aproximadamente unas 200 horas de trabajo previo.

8.- Conclusiones

Se puede afirmar que el objetivo planteado al inicio de la realización de este PFC se ha alcanzado satisfactoriamente.

Si bien es cierto, de inicio, la solución planteada consistía en instalar un único centro reemisor para toda la zona. Como se ha ido observando durante el estudio realizado, no se ha encontrado ninguna ubicación la cual nos permita cubrir toda la zona con un único centro reemisor. Las causas fundamentales han sido las irregularidades del terreno y la restricción impuesta por el Plan Técnico Nacional de TDT, la cual limita la potencia radiada en el reemisor a 1 W.

El hecho de tener que instalar 2 centros reemisores para cubrir el 100% del territorio obliga a que el coste sea doble.

El gran enemigo en la difusión de televisión digital, son los obstáculos naturales que impiden que la señal llegue a todas las zonas deseadas. Los receptores analógicos eran capaces de mostrar imagen y sonido deteriorado (nieve o doble imagen), pero los receptores digitales tienen un C/N mínimo que se debe cumplir. En caso negativo no demodula nada. Este hecho ha obligado a que la Generalitat se haya visto obligada a aumentar la cantidad de centros emisores y que en la actualidad sigan siendo muchas las zonas con incidencias de TDT.

Referente a la solución propuesta, se trata de una estimación basada en cálculos teóricos, por lo que los niveles de cobertura reales pueden variar en algunas zonas del territorio. Para garantizar al 100 % el correcto funcionamiento del centro reemisor diseñado, se recomienda realizar previamente una simulación práctica real.

También se considera que el estudio realizado en este PFC se podría adaptar a cualquier otra zona que presente deficiencias de cobertura de TDT.

9.- Referencias

Estándares DVB: <http://www.dvb.org/technology>

ETSI: www.etsi.org

Col·legi Oficial d'Enginyers Tècnics i Graduats en Telecomunicació de Catalunya (COETTC): <http://www.coettc.com>

ETSI TR 101 190 V1.3.1 (2008-10) *Technical Report*. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services Transmission aspects.

ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-06) *European Standard (Telecommunications series)* Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.

ETSI EN 300 468 V1.5.1 (2003-05) *European Standard (Telecommunications series)* Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems.

RECOMENDACIÓN UIT-R P.1546-3. Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz

RECOMENDACIÓN UIT-R PN.525-2. Cálculo de la atenuación en el espacio libre

Sistemas de comunicaciones. Autor: Marcos Faúndez Zanuy. Ed: Marcombo, 2001

Televisión digital avanzada. Autor: José Simonetta. Ed: 1ª Edición, Intertel 2002.

Sistemas de comunicación. Autor: Carlson A. Bruce. Ed. Mcgraw-hill 2007.

Sistemas para la recepción de TV analógica y digital. 2ª Edición Televés 2003.

Transmisión por radio. Colección ETSI de la Telecomunicación. Segunda Edición.

Televisión y radio analógica y digital. Sistemas para la recepción y distribución de las comunicaciones y servicios en edificios y viviendas. Ediciones Televés 2004.

Apuntes de la asignatura Comunicaciones sin Hilos. Autor: Antoni Satué Villar.
EUPMT.

Plà Catalunya connecta, de la Generalitat de Catalunya:

<http://www.catalunyaconnecta.cat/>

Información sobre información general de la TDT en Catalunya, canales por comarca y coberturas: www.tdt.cat

Buscador de coberturas: <http://www.feceminte.cat/>

Cronología de la TDT y legislación: <http://www.mundoplus.tv/zonatdt/>

Fabricante del equipo reemisor: www.promax.es

Fabricante del software de simulación radioeléctrica: www.radiatio.com

Fabricante de antenas: www.fagorelectronica.es

Fabricante de paneles transmisores: www.diratel.es

Fabricante de cables y conectores: www.vimesa.es

ANEXOS

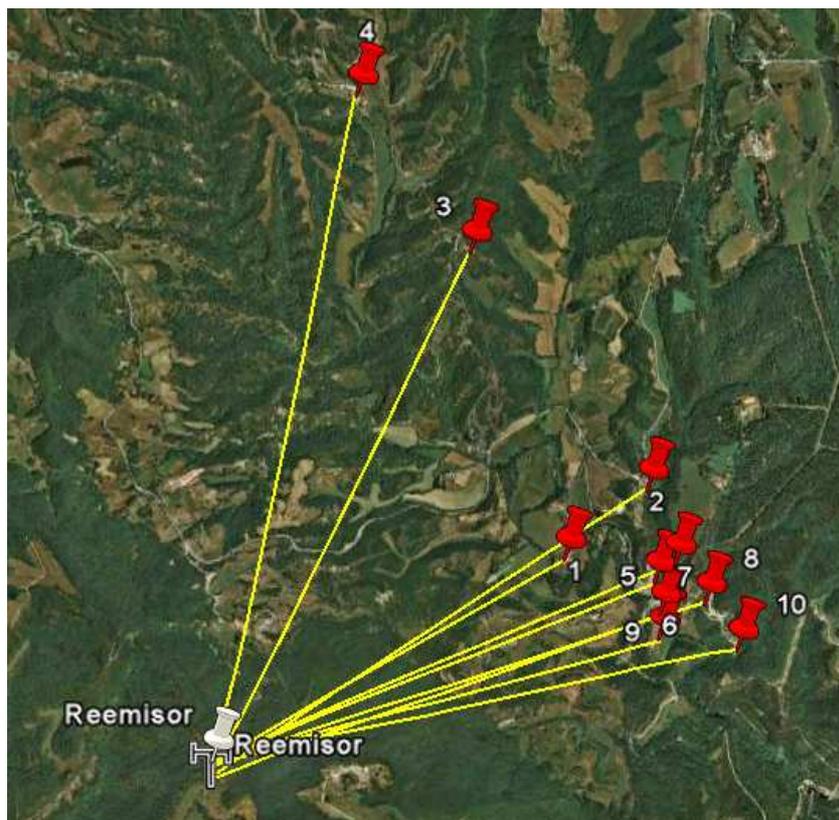
ANEXO I – CÁLCULOS Y PERFILES OROGRÁFICOS

ANEXO II – PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

ANEXO I – CÁLCULOS Y PERFILES OROGRÁFICOS

En este anexo se muestran los perfiles orográficos (obtenidos con *RadioEarth* y *GoogleEarth*) y cálculos realizados para obtener la estimación de pérdidas de propagación entre los centros emisores y los puntos marcados en el territorio.

Reemisor Pruit. Cálculo de pérdidas de propagación



Enlaces Reemisor - Puntos

Referencia	Nombre	Coordenadas Geográficas
Punto 1	Masía Apartada I	Latitud: 42° 1'39.47"N Longitud: 2°27'34.26"E
Punto 2	Masía Apartada II	Latitud: 42° 1'49.87"N Longitud: 2°27'54.33"E
Punto 3	Pruit. Iglesia	Latitud: 42° 2'32.30"N Longitud: 2°27'19.53"E
Punto 4	Pruit Casas Alejadas	Latitud: 42° 3'0.14"N Longitud: 2°26'57.43"E
Punto 5	Rupit. Pueblo. Aparcamiento	Latitud: 42° 1'34.13"N Longitud: 2°27'54.12"E
Punto 6	Rupit. Casas delante del Río	Latitud: 42° 1'28.65"N Longitud: 2°27'54.70"E
Punto 7	Rupit. Cabecera.	Latitud: 42° 1'36.90"N Longitud: 2°27'58.85"E
Punto 8	Rupit. Pueblo	Latitud: 42° 1'29.77"N Longitud: 2°28'5.04"E
Punto 9	Rupit. Punto más bajo.	Latitud: 42° 1'24.48"N Longitud: 2°27'53.97"E
Punto 10	Rupit. Casas más elevadas	Latitud: 42° 1'21.63"N Longitud: 2°28'11.18"E

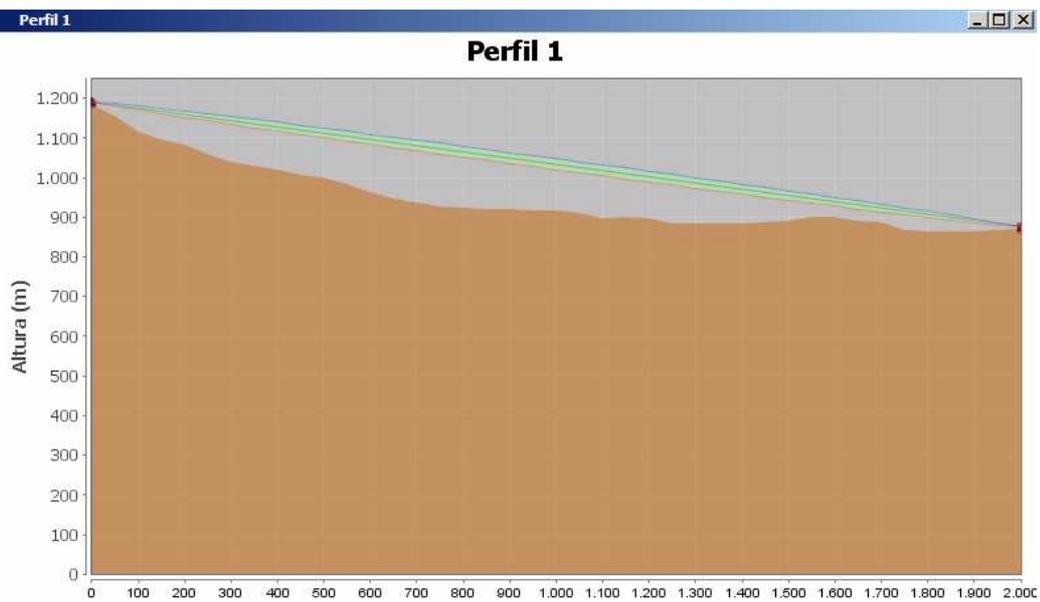
Tabla de referencias

Perdida de propagación punto 1

Reemisor – Casa Apartada 1.

d = 2.064 Km;

Altitud Punto 1 = 863 m.

Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 1Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 1

Propagación en espacio libre:

 $\lambda = 0,35$

f = 850 Mhz (Canal 61)

d = 2,064 Km.

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(\text{Mhz})) + 20 \cdot \log(d(\text{Km}))$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(0.863)) = 91,79 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 2

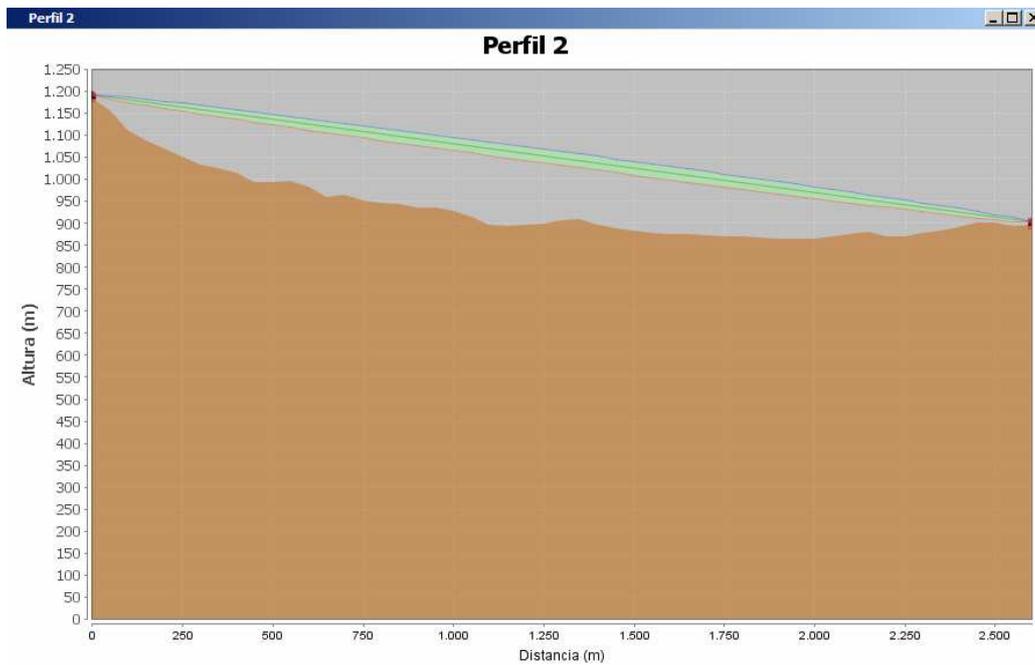
Reemisor – Casa Apartada 2.

$d = 2.64 \text{ Km}$;

Altitud Punto 2 = 908 m.



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 2



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 2

Propagación en espacio libre:

$\lambda = 0,35$

$f = 850 \text{ Mhz}$ (Canal 61)

$d = 2,640$

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f \text{ (Mhz)}) + 20 \cdot \log(d \text{ (Km)})$$

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(2,640)) = 98,94 \text{ dB.}$$

Perdida de propagación punto 3

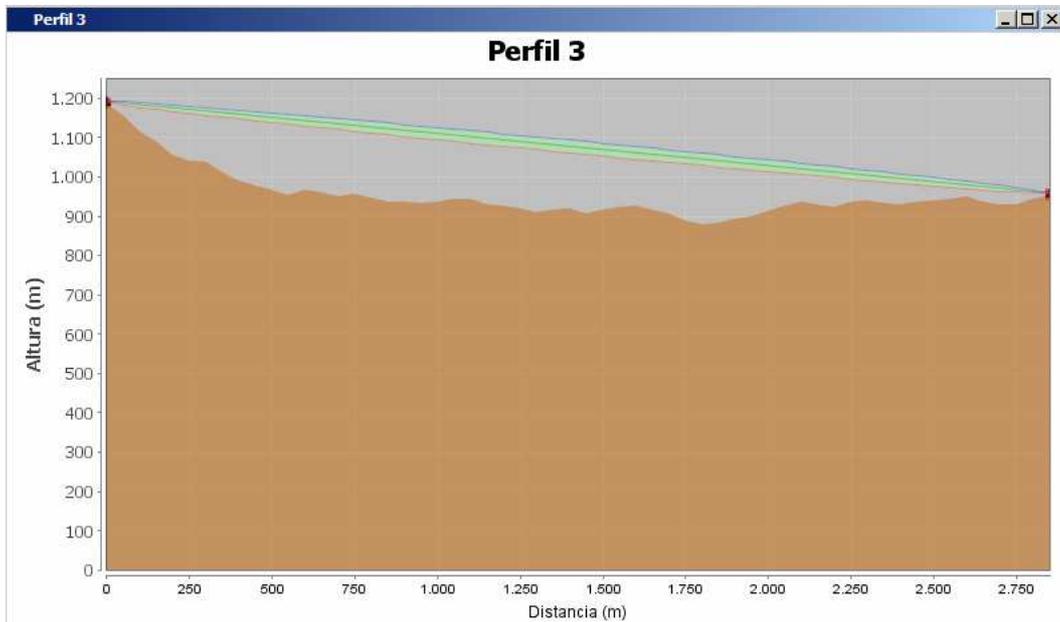
3.- Reemisor – Pruit – Iglésia.

D = 3.04 Km.

Altitud Punto 3 = 920 m.



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 3



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 3

Propagación en espacio libre:

$$\lambda = 0,35$$

$$f = 850 \text{ Mhz (Canal 61)}$$

$$d = 3,03 \text{ Km}$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(\text{Mhz})) + 20 \cdot \log(d(\text{Km}))$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(3,03)) = 100,88 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 4

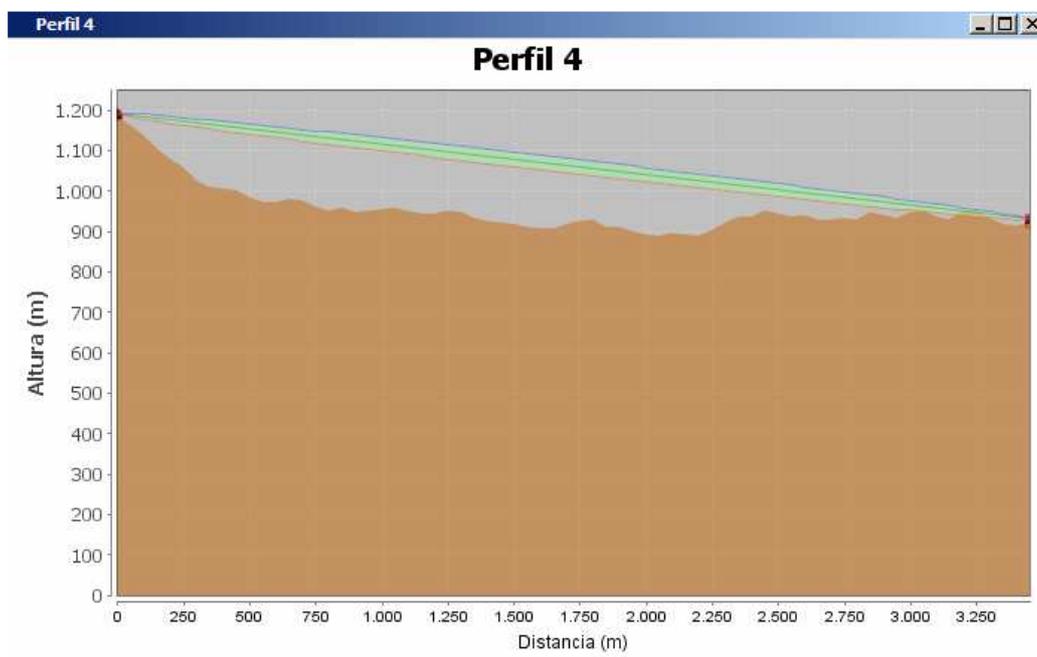
Reemisor Pruit – Casas Alejadas.

$D = 3.59 \text{ Km}$

Altitud Punto 4 = 925 m

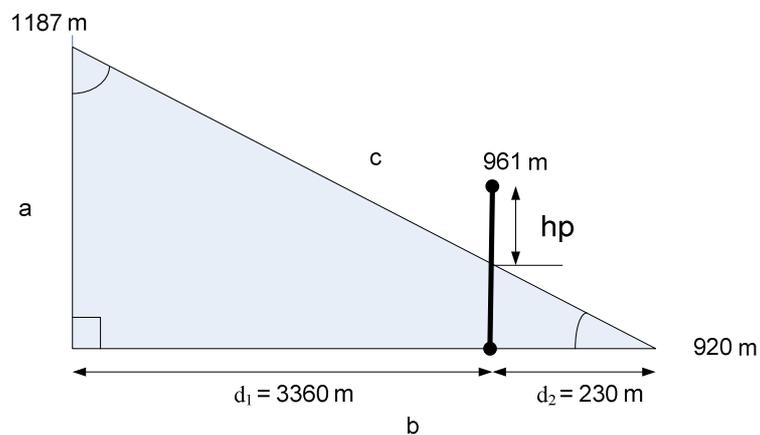


Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 4



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 4

Propagación con pérdidas ocasionadas por obstáculos:



Mediante el teorema de Pitágoras se obtiene la distancia c:

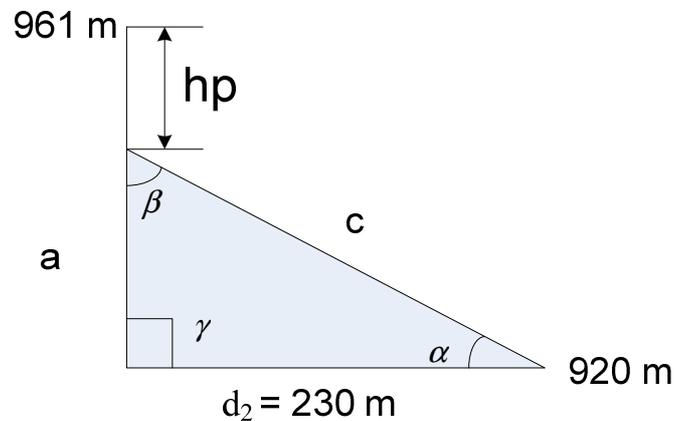
$$\begin{aligned} a &= 1187 - 920 = 267 \text{ m.} \\ b &= d_1 + d_2 = 3590 \text{ m.} \\ c^2 &= a^2 + b^2 = \sqrt{(267^2 + 3590^2)} = 3599,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Mediante el teorema del seno se obtienen los ángulos:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \rightarrow \sin \beta = \frac{3590 \cdot \sin 90^\circ}{3599} = 83,73^\circ.$$

$$\alpha = 180^\circ - 85,73 - 90^\circ = 4,269^\circ.$$

Se aplica de nuevo Teorema del seno para calcular la distancia hp:



$$\frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \alpha}{a} \rightarrow a = \frac{230 \cdot \sin 4,26^\circ}{\sin 85,73^\circ} = 17,16 \text{ m}$$

$$hp = 961 - (920 \text{ m} + 17,16 \text{ m}) = 23,84 \text{ m}$$

Para calcular la atenuación ocasionada por el obstáculo se necesita obtener el parámetro

v:

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1}$$

El radio de la 1ª zona de Fresnel (r_1) se obtiene mediante:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{0,35 \cdot \frac{3360 \cdot 230}{3360 + 230}} = 8,68 \text{ m}$$

Se calcula v:

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1} = -\sqrt{2} \cdot \frac{23,84}{8,68} = -2,74$$

En función de v se utiliza una de las siguientes atenuaciones:

$1 \leq v$	$J = 0dB$
$0 \leq v \leq 1$	$J = 20 \cdot \log(0,5 + 0,62 \cdot v)$
$-1 \leq v \leq 0$	$J = 20 \cdot \log(0,5 \cdot e^{0,95 \cdot v})$
$-2,4 \leq v \leq -1$	$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2})$
$v \leq -2,4$	$J = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{v}\right)$

$J = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{v}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{-2,74}\right) = 21,73$ dB de pérdidas ocasionadas por el obstáculo.

$$PerdidaTotal = P_o + L(dB) = 21,73 \text{ dB} + 101,03 = 122,76 \text{ dB}$$

Donde:

$L(dB)$ = Pérdida de propagación de espacio libre hasta el obstáculo.

P_o = Pérdida de propagación ocasionada por el obstáculo.

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(Mhz)) + 20 \cdot \log(d(Km))$$

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d()) = 101,03 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 5

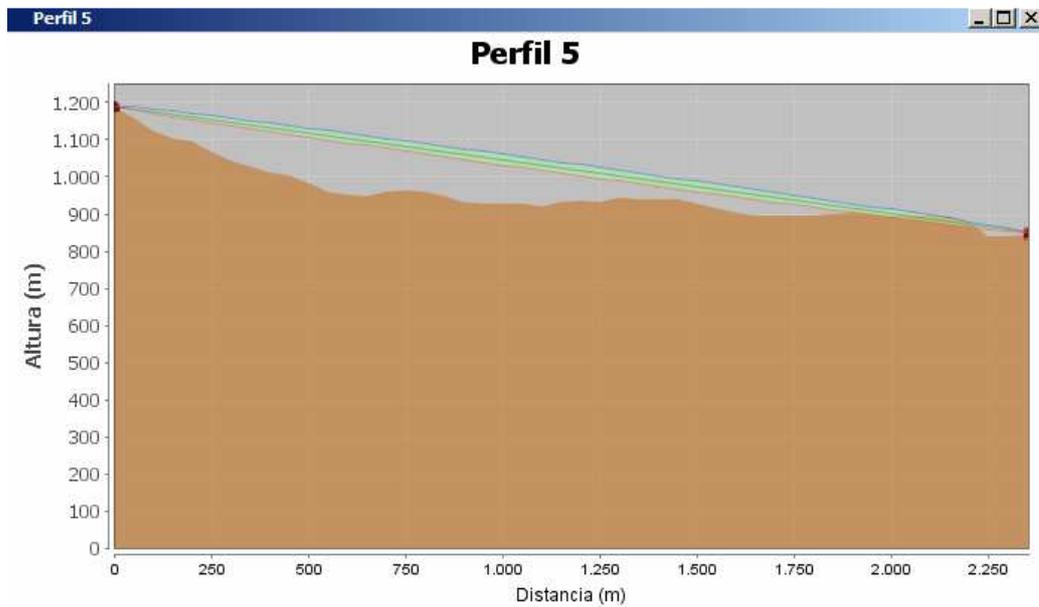
Reemisor –Rupit, poble, aparcament

$d = 2.48 \text{ Km}$

Altitud Punto 5 = 831 m.

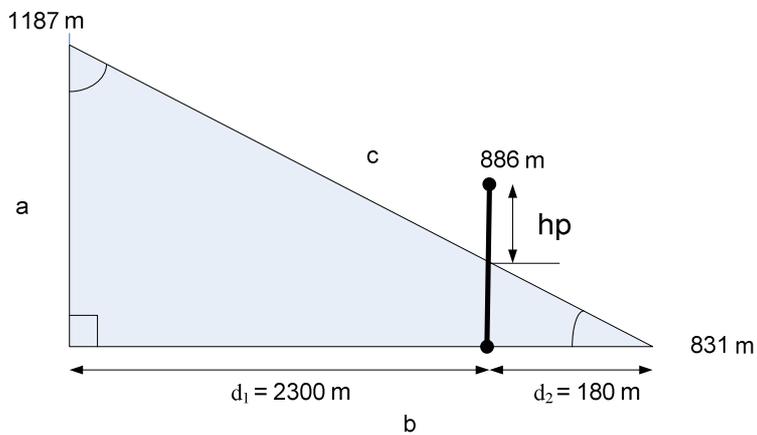


Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 5



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 5

Propagación con pérdidas ocasionadas por obstáculos:



Mediante el teorema de Pitágoras se obtiene la distancia c :

$$a = 1187 - 831 = 356 \text{ m.}$$

$$b = d_1 + d_2 = 2480 \text{ m.}$$

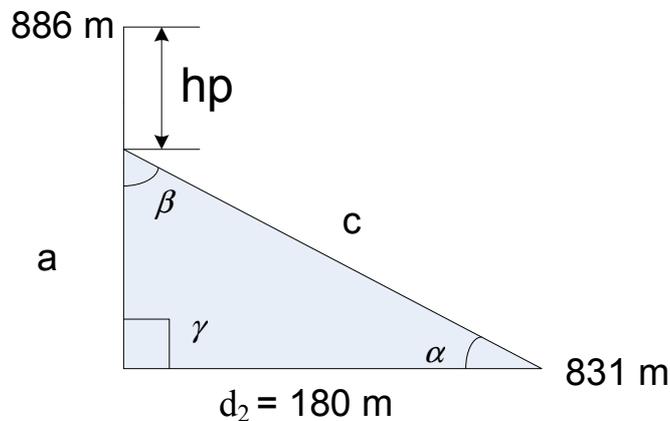
$$c^2 = a^2 + b^2 = 2480^2 + 356^2 = \sqrt{(2480^2 + 356^2)} = 2327,3 \text{ m}$$

Mediante el teorema del sinus se obtienen los ángulos:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \rightarrow \sin \beta = \frac{2300 \cdot \sin 90^\circ}{2327,3} = 81,21^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - 81,21^\circ - 90^\circ = 8,79^\circ.$$

Se aplica de nuevo Teorema del sinus para calcular la distancia hp :



$$\frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \alpha}{a} \rightarrow a = \frac{180 \cdot \sin 8,79^\circ}{\sin 81,21^\circ} = 27,83 \text{ m}$$

$$hp = 886 - (831 \text{ m} + 27,16 \text{ m}) = 27,16 \text{ m}$$

Para calcular la atenuación ocasionada por el obstáculo se necesita obtener el parámetro

v :

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1}$$

El radio de la 1ª zona de Fresnel (r_1) se obtiene mediante:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{0,35 \cdot \frac{2300 \cdot 180}{2300 + 180}} = 7,64 \text{ m}$$

Se calcula v :

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1} = -\sqrt{2} \cdot \frac{27,16}{7,64} = -5,02$$

En función de v se utiliza una de las siguientes atenuaciones:

$1 \leq v$	$J = 0dB$
$0 \leq v \leq 1$	$J = 20 \cdot \log(0,5 + 0,62 \cdot v)$
$-1 \leq v \leq 0$	$J = 20 \cdot \log(0,5 \cdot e^{0,95 \cdot v})$
$-2,4 \leq v \leq -1$	$J = 20 \cdot \log(0,4 \cdot \sqrt{0,1 - (0,1v + 0,4)^2})$
$v \leq -2,4$	$J = 20 \cdot \log\left(-\frac{0,225}{v}\right)$

$J = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{v}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{-5,02}\right) = 26,98$ dB de pérdidas ocasionadas por el obstáculo.

$$PerdidaTotal = Po + Pl = 26,98 \text{ dB} + 100,83 \text{ dB} = 127,81 \text{ dB}$$

Donde:

$L(dB)$ = Pérdida de propagación de espacio libre hasta el obstáculo.

Po = Pérdida de propagación ocasionada por el obstáculo.

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f \text{ (Mhz)}) + 20 \cdot \log(d \text{ (Km)})$$

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(3,3)) = 100,83 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 6

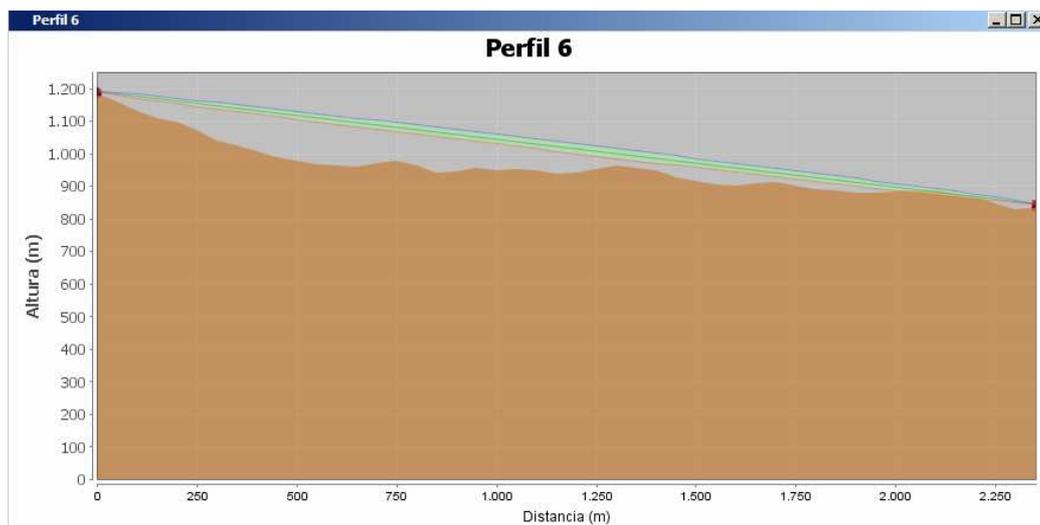
Reemisor – Rupit, poble, delante del rio.

$d = 2.46 \text{ Km}$

Altitud Punto 6 = 843 m.

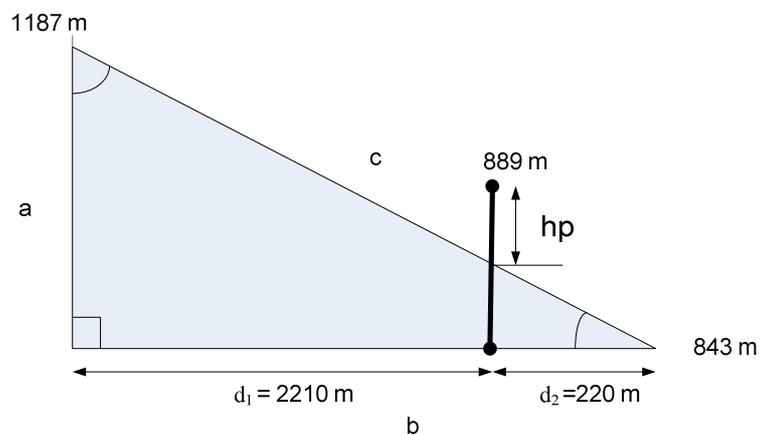


Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 6



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 6

Propagación con pérdidas ocasionadas por obstáculos:



Mediante el teorema de Pitágoras se obtiene la distancia c:

$$a = 1187 - 843 = 344 \text{ m.}$$

$$b = d_1 + d_2 = 2460 \text{ m.}$$

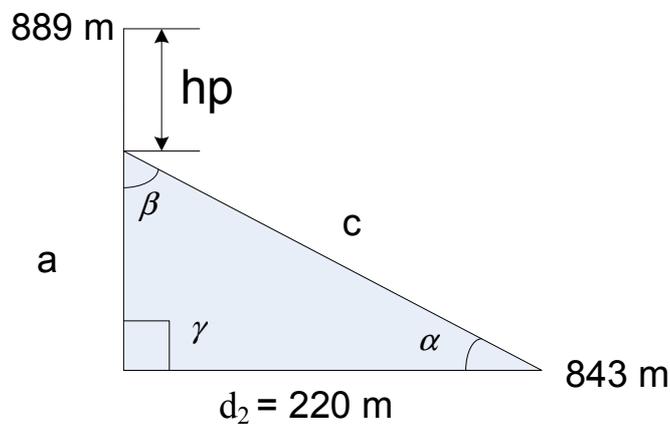
$$c^2 = a^2 + b^2 = 344^2 + 2460^2 = \sqrt{(344^2 + 2460^2)} = 2483,93 \text{ m}$$

Mediante el teorema del sinus se obtienen los ángulos:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \rightarrow \sin \beta = \frac{2460 \cdot \sin 90^\circ}{2483,9} = 82,04^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - 82,04^\circ - 90^\circ = 7,96^\circ.$$

Se aplica de nuevo Teorema del sinus para calcular la distancia hp:



$$\frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \alpha}{a} \rightarrow a = \frac{220 \cdot \sin 7,96^\circ}{\sin 82,04^\circ} = 30,76 \text{ m}$$

$$hp = 889 - (843 \text{ m} + 30,76 \text{ m}) = 15,24 \text{ m}$$

Para calcular la atenuación ocasionada por el obstáculo se necesita obtener el parámetro

v:

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1}$$

El radio de la 1ª zona de Fresnel (r_1) se obtiene mediante:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{0,35 \cdot \frac{2210 \cdot 220}{2210 + 220}} = 8,36 \text{ m}$$

Se calcula v:

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1} = -\sqrt{2} \cdot \frac{15,31}{4,89} = -2,57$$

En función de v se utiliza una de las siguientes atenuaciones:

$1 \leq v$	$J = 0dB$
$0 \leq v \leq 1$	$J = 20 \cdot \log(0,5 + 0,62 \cdot v)$
$-1 \leq v \leq 0$	$J = 20 \cdot \log(0,5 \cdot e^{0,95 \cdot v})$
$-2,4 \leq v \leq -1$	$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2})$
$v \leq -2,4$	$J = 20 \cdot \log\left(-\frac{0,225}{v}\right)$

$$J = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{v}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{-0,225}{-2,57}\right) = -21,17 \text{ dB de pérdidas ocasionadas por el}$$

obstáculo.

$$PerdidaTotal = P_o + L(dB) = 21,17 \text{ dB} + 96,91 \text{ dB} = 118,08 \text{ dB}$$

Donde:

$L(dB)$ = Pérdida de propagación de espacio libre hasta el obstáculo.

P_o = Pérdida de propagación ocasionada por el obstáculo.

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(Mhz)) + 20 \cdot \log(d(Km))$$

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(2,2)) = 96,91 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 7

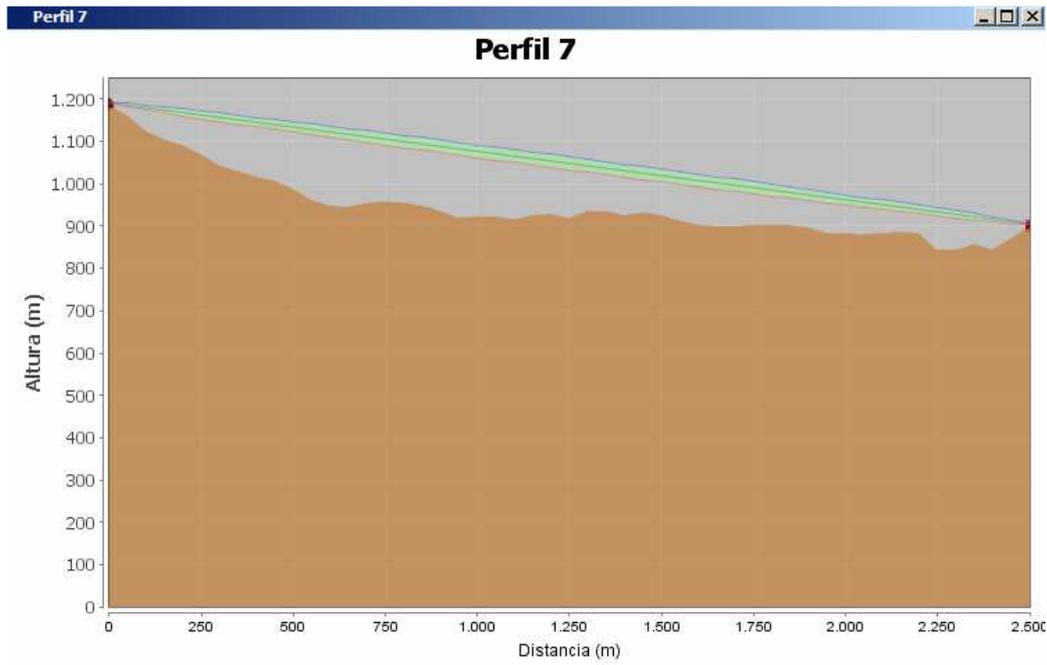
Reemisor – Rupit, pueblo, Cabecera.

$d = 2.62$ Km

Altitud Punto 7 = 898 m



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 7



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 7

Propagación en espacio libre:

$\lambda = 0,35$

$f = 850$ Mhz (Canal 69)

$d = 2,62$ Km.

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(\text{Mhz})) + 20 \cdot \log(d(\text{Km}))$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(2,62)) = 98,87 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 8

Propagación en espacio libre

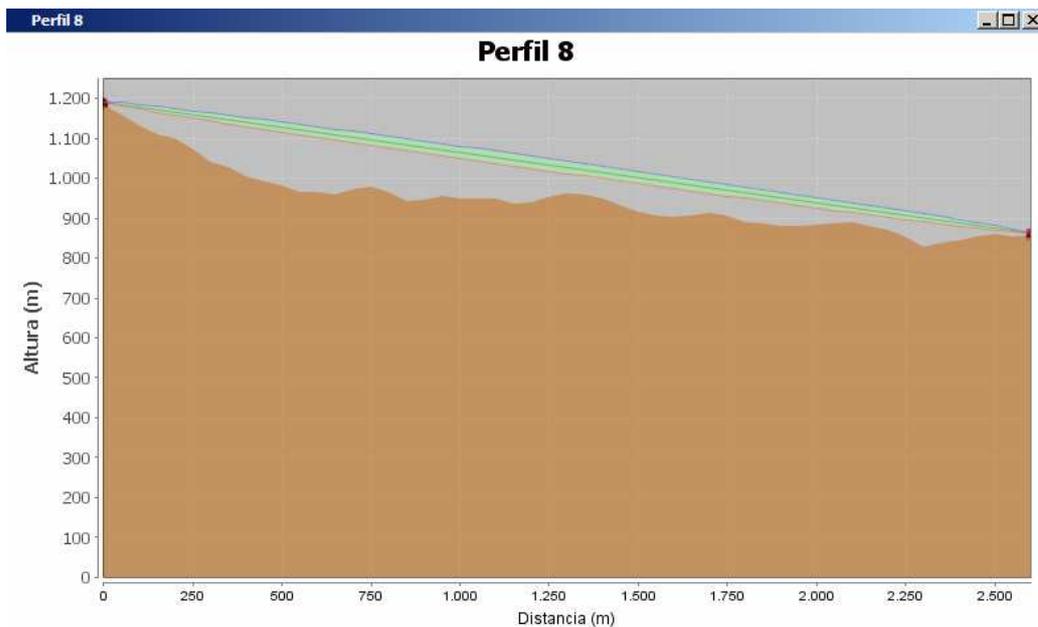
Reemisor – Rupit, pueblo.

$d = 2.74 \text{ Km}$

Altitud Punto 8 = 862 m.



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 8



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 8

Propagación en espacio libre:

$\lambda = 0,35$

$f = 850 \text{ Mhz}$ (Canal 69)

$d = 2,74 \text{ Km}$.

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(\text{Mhz})) + 20 \cdot \log(d(\text{Km}))$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(2,74)) = 99,26 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 9

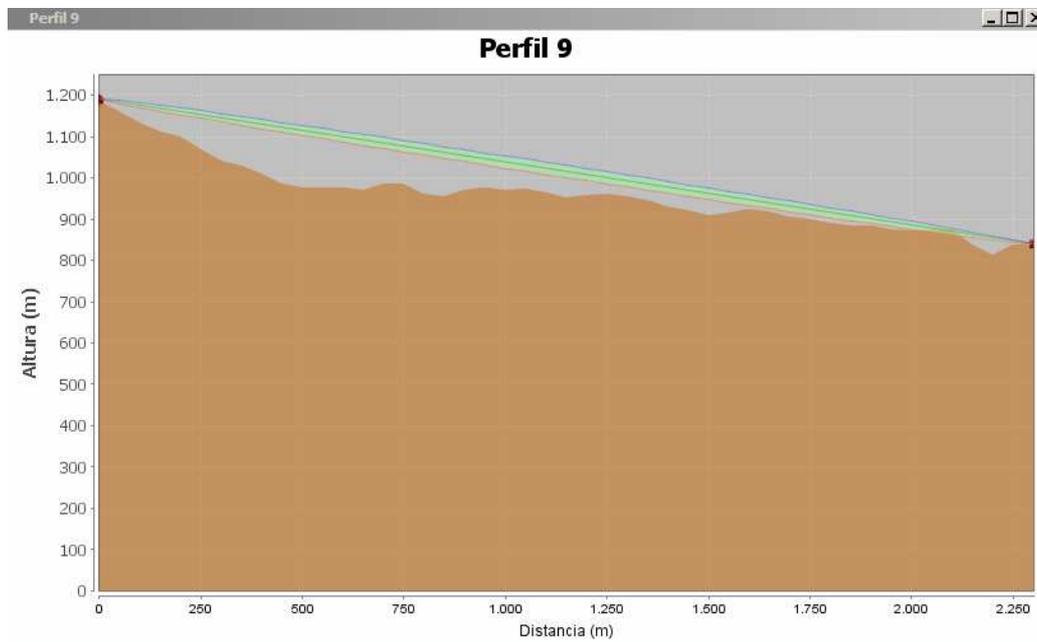
Reemisor – Rupit, pueblo, punto mas bajo.

D = 2.42 Km

Altitud Punto 9 = 829 m.

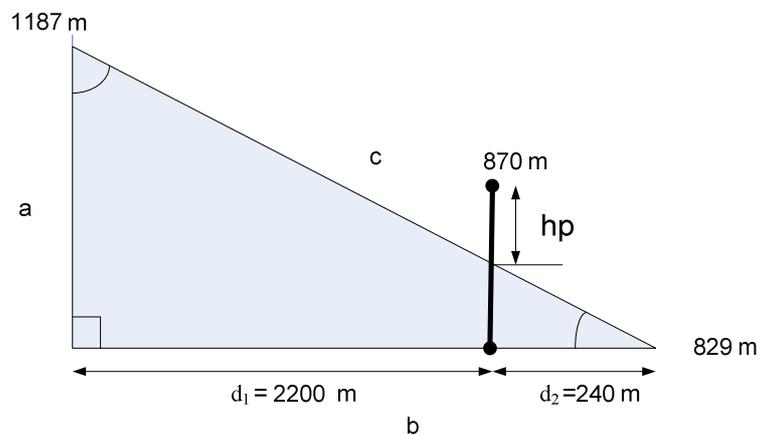


Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 9



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 9

Propagación con pérdidas ocasionadas por obstáculos:



Mediante el teorema de Pitágoras se obtiene la distancia c :

$$a = 1187 - 829 = 358 \text{ m.}$$

$$b = d_1 + d_2 = 2,44 \text{ m.}$$

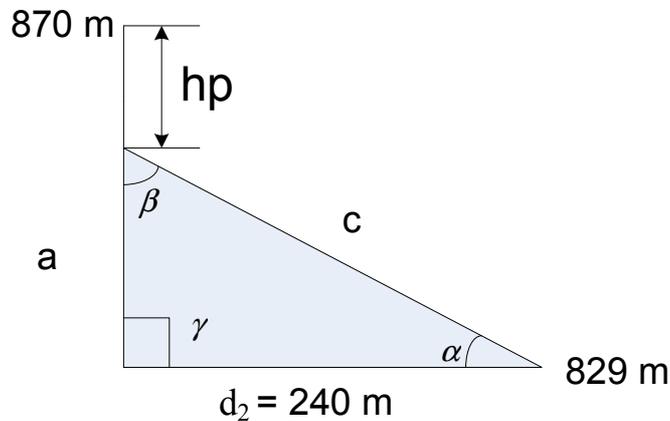
$$c^2 = a^2 + b^2 = 358^2 + 2440^2 = \sqrt{(358^2 + 2420^2)} = 2461,5 \text{ m}$$

Mediante el teorema del sinus se obtienen los ángulos:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \rightarrow \sin \beta = \frac{2440 \cdot \sin 90^\circ}{2461,5} = 82,41^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - 81,59^\circ - 90^\circ = 7,58^\circ.$$

Se aplica de nuevo Teorema del sinus para calcular la distancia hp :



$$\frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \alpha}{a} \rightarrow a = \frac{240 \cdot \sin 7,58^\circ}{\sin 81,59^\circ} = 32,03 \text{ m}$$

$$hp = 870 - (829 \text{ m} + 32,03 \text{ m}) = 8,96 \text{ m}$$

Para calcular la atenuación ocasionada por el obstáculo se necesita obtener el parámetro

v :

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1}$$

El radio de la 1ª zona de Fresnel (r_1) se obtiene mediante:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{0,35 \cdot \frac{2200 \cdot 240}{2200 + 240}} = 8,70 \text{ m}$$

Se calcula v :

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1} = -\sqrt{2} \cdot \frac{8,96}{8,70} = -1,41$$

En función de v se utiliza una de las siguientes atenuaciones:

$1 \leq v$	$J = 0dB$
$0 \leq v \leq 1$	$J = 20 \cdot \log(0,5 + 0,62 \cdot v)$
$-1 \leq v \leq 0$	$J = 20 \cdot \log(0,5 \cdot e^{0,95 \cdot v})$
$-2,4 \leq v \leq -1$	$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2})$
$v \leq -2,4$	$J = 20 \cdot \log\left(-\frac{0,225}{v}\right)$

$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2}) = 13,20$ dB de pérdidas ocasionadas por el obstáculo.

$$PerdidaTotal = Po + L(dB) \quad 13,20 \text{ dB} + 100,83 \text{ dB} = 114,03 \text{ dB}$$

Donde:

$L(dB)$ = Pérdida de propagación de espacio libre hasta el obstáculo.

Po = Pérdida de propagación ocasionada por el obstáculo.

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(Mhz)) + 20 \cdot \log(d(Km))$$

$$L(dB) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(3,3)) = 100,83 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 10

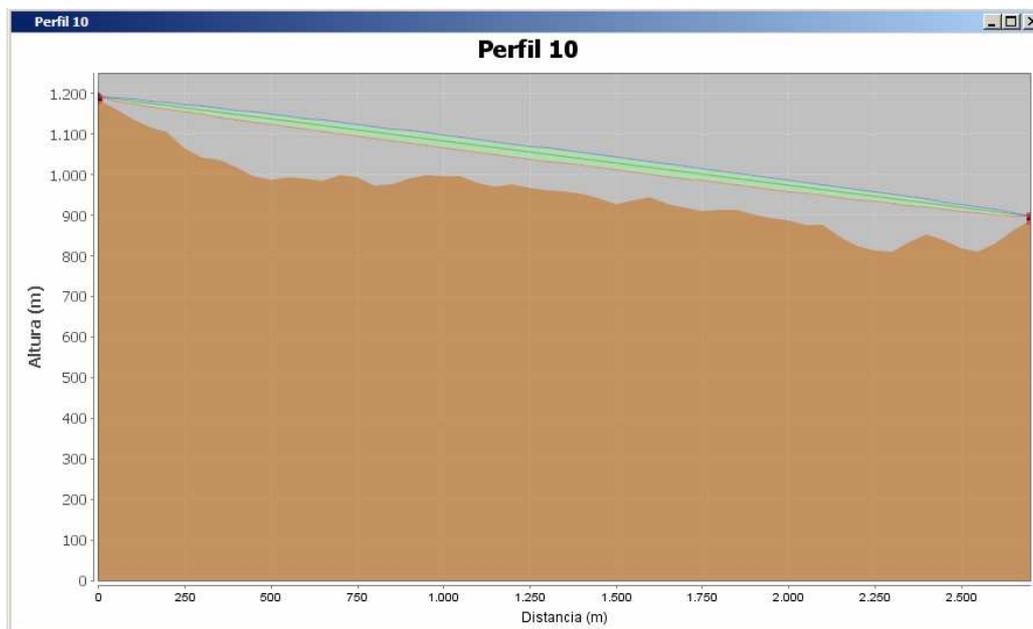
Reemisor – Rupit Casa mas elevada.

D = 2.85 Km.

Altitud Punto 10 = 905 m.



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 10



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 10

Propagación en espacio libre:

$$\lambda = 0,35$$

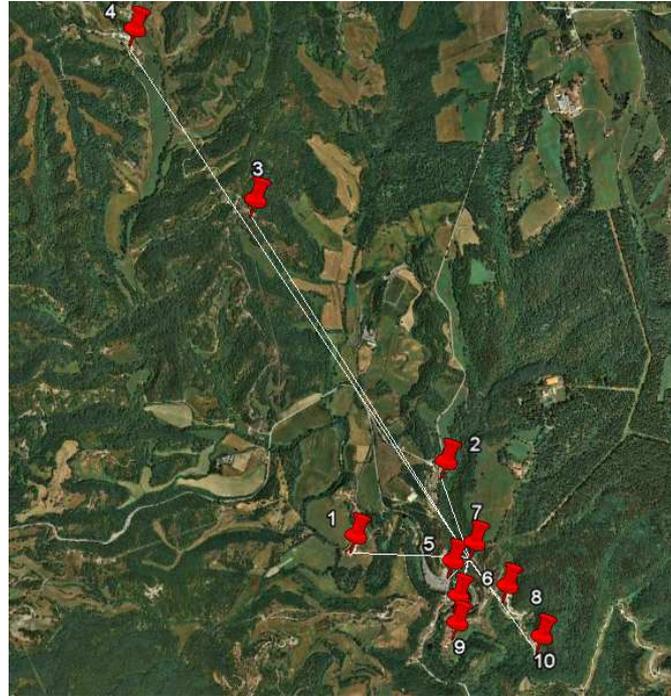
$$f = 850 \text{ Mhz (Canal 69)}$$

$$d = 2,850$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(\text{Mhz})) + 20 \cdot \log(d(\text{Km}))$$

$$L(\text{dB}) = 32,45 + 20 \cdot \log(f(800)) + 20 \cdot \log(d(2,853)) = 99,60 \text{ dB}$$

Reemisor Rupit. Cálculo de pérdidas de propagación.



Enlaces Reemisor - Puntos

Referencia	Nombre	Coordenadas Geográficas
Punto 1	Masía Apartada I	Latitud: 42° 1'39.47"N Longitud: 2°27'34.26"E
Punto 2	Masía Apartada II	Latitud: 42° 1'49.87"N Longitud: 2°27'54.33"E
Punto 3	Pruit. Iglesia	Latitud: 42° 2'32.30"N Longitud: 2°27'19.53"E
Punto 4	Pruit Casas Alejadas	Latitud: 42° 3'0.14"N Longitud: 2°26'57.43"E
Punto 5	Rupit. Pueblo. Aparcamiento	Latitud: 42° 1'34.13"N Longitud: 2°27'54.12"E
Punto 6	Rupit. Casas delante del Río	Latitud: 42° 1'28.65"N Longitud: 2°27'54.70"E
Punto 8	Rupit. Pueblo	Latitud: 42° 1'29.77"N Longitud: 2°28'5.04"E
Punto 9	Rupit. Punto más bajo.	Latitud: 42° 1'24.48"N Longitud: 2°27'53.97"E
Punto 10	Rupit. Casas más elevadas	Latitud: 42° 1'21.63"N Longitud: 2°28'11.18"E

Tabla de referencias

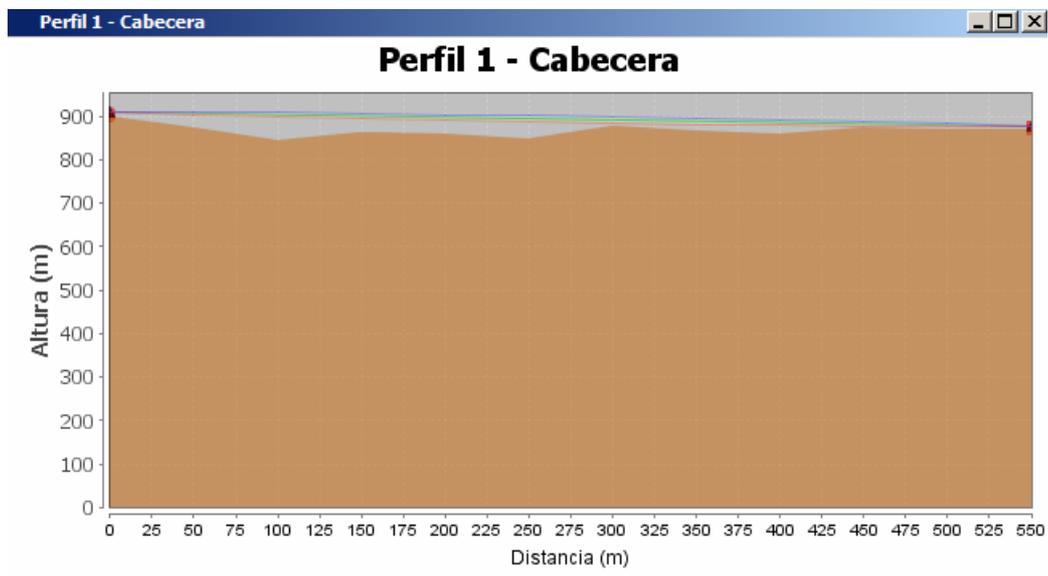
Perdida de propagación punto 1

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 0.614 \text{ Km}$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 1



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 1

$$L = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20\log(800) + 20\log(0,614) + 32.44 \text{ dB} = 86,26 \text{ dB}$$

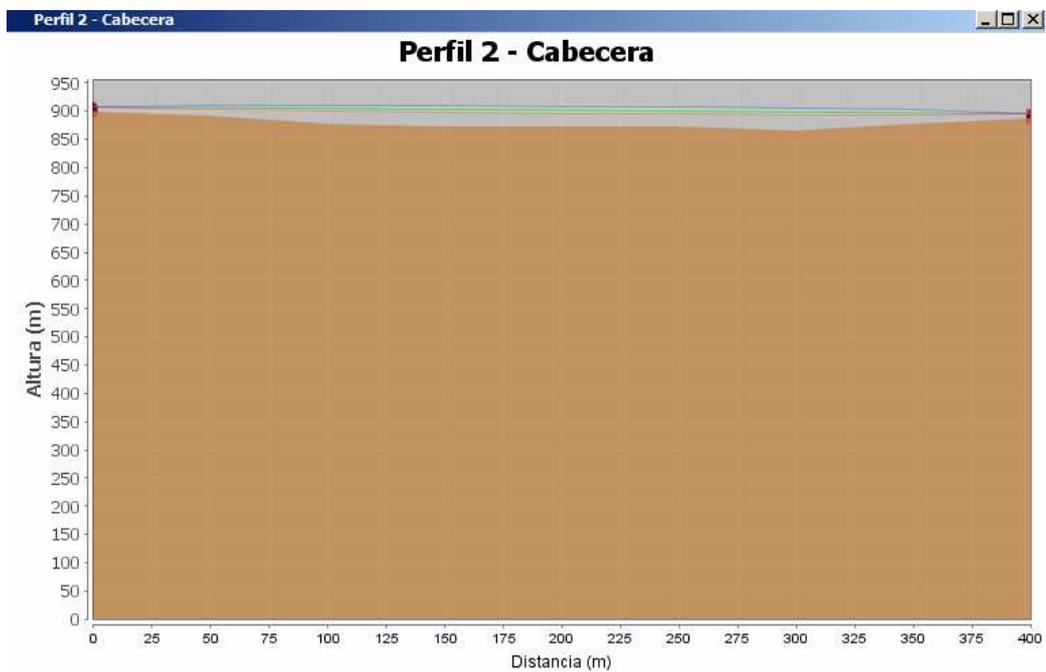
Perdida de propagación punto 2

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 0.429 \text{ Km}$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 2



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 2

$$L = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20\log(800) + 20\log(0,429) + 32.44 \text{ dB} = 83,15 \text{ dB}$$

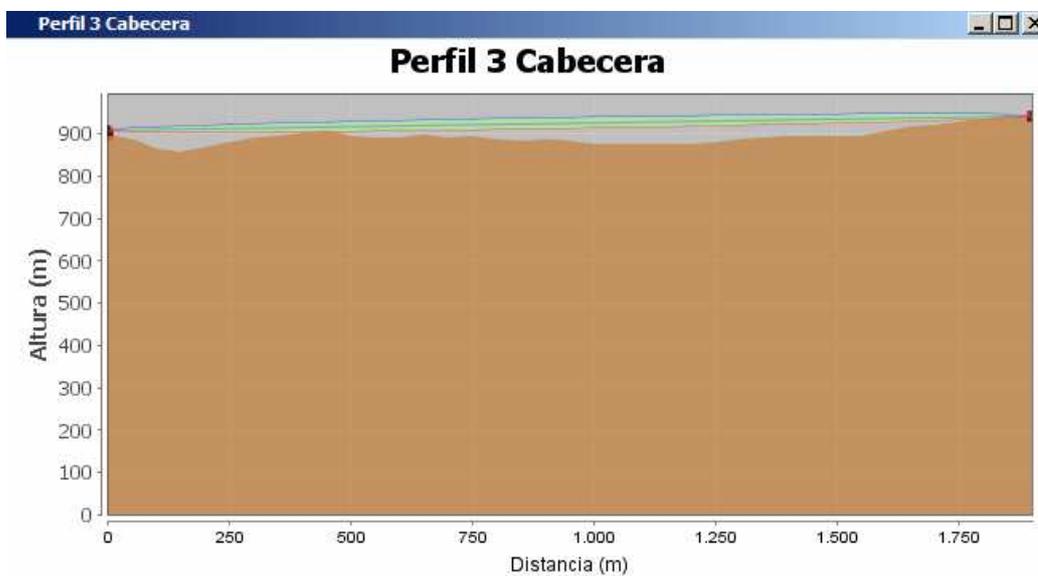
Perdida de propagación punto 3

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 1.97 \text{ Km}$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 3

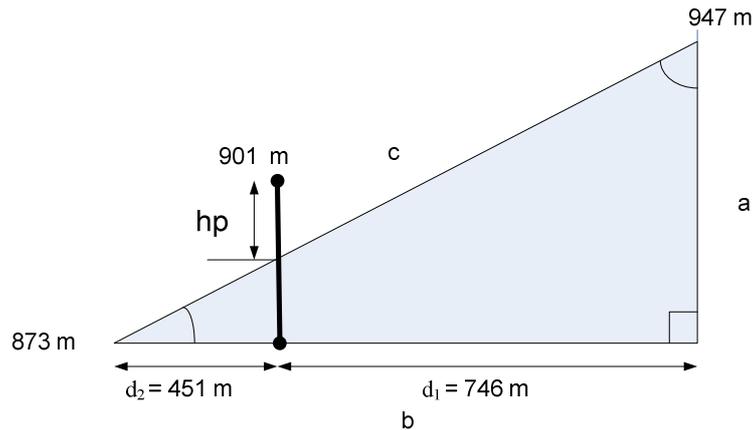


Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 3

$$L = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20 \log(800) + 20\log(1,97) + 32.44 \text{ dB} = 97,39 \text{ dB}$$

Propagación con pérdidas ocasionadas por obstáculos:



Mediante el teorema de Pitágoras se obtiene la distancia c :

$$a = 947 - 873 = 74 \text{ m.}$$

$$b = d_1 + d_2 = 1970 \text{ m.}$$

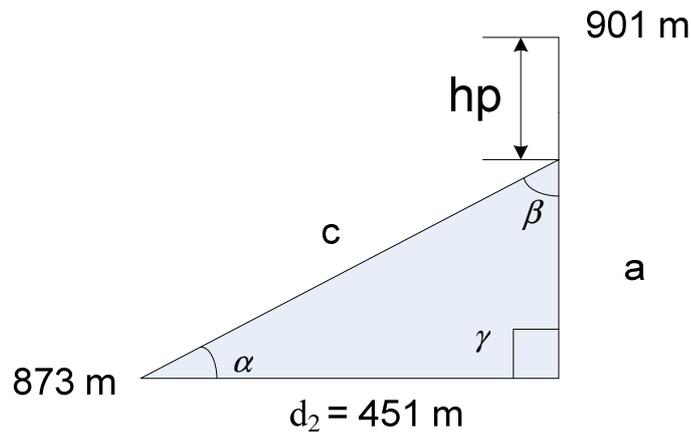
$$c^2 = a^2 + b^2 = \sqrt{(74^2 + 1970^2)} = 1971,4 \text{ m}$$

Mediante el teorema del sinus se obtienen los ángulos:

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \rightarrow \sin \beta = \frac{1970 \cdot \sin 90^\circ}{1971} = 88,17^\circ.$$

$$\alpha = 180^\circ - 88,17 - 90^\circ = 1,83^\circ.$$

Aplicamos de nuevo Teorema del sinus para calcular la distancia hp :



$$\frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \alpha}{a} \rightarrow a = \frac{451 \cdot \sin 1,83^\circ}{\sin 88,17^\circ} = 14,40 \text{ m}$$

$$hp = 901 - (873 \text{ m} + 14,40 \text{ m}) = 13,6 \text{ m}$$

Para calcular la atenuación ocasionada por el obstáculo se necesita obtener el parámetro v :

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1}$$

El radio de la 1ª zona de Fresnel (r_1) se obtiene mediante:

$$r_1 = \sqrt{\lambda \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{0,35 \cdot \frac{451 \cdot 746}{451 + 746}} = 9,91 \text{ m}$$

Se calcula v :

$$v = -\sqrt{2} \cdot \frac{hp}{r_1} = -\sqrt{2} \cdot \frac{13,6}{9,91} = -1,94$$

En función de v se utiliza una de las siguientes atenuaciones:

$1 \leq v$	$J = 0 \text{ dB}$
$0 \leq v \leq 1$	$J = 20 \cdot \log(0,5 + 0,62 \cdot v)$
$-1 \leq v \leq 0$	$J = 20 \cdot \log(0,5 \cdot e^{0,95 \cdot v})$
$-2,4 \leq v \leq -1$	$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2})$
$v \leq -2,4$	$J = 20 \cdot \log\left(-\frac{0,225}{v}\right)$

$$J = 20 \cdot \log(0,4 - \sqrt{(0,1 - (0,1v + 0,4))^2}) = 15,91 \text{ dB}$$

$$PerdidaTotal = P_o + L(\text{dB}) = 15,91 \text{ dB} + 97,39 \text{ dB} = 113,30 \text{ dB}$$

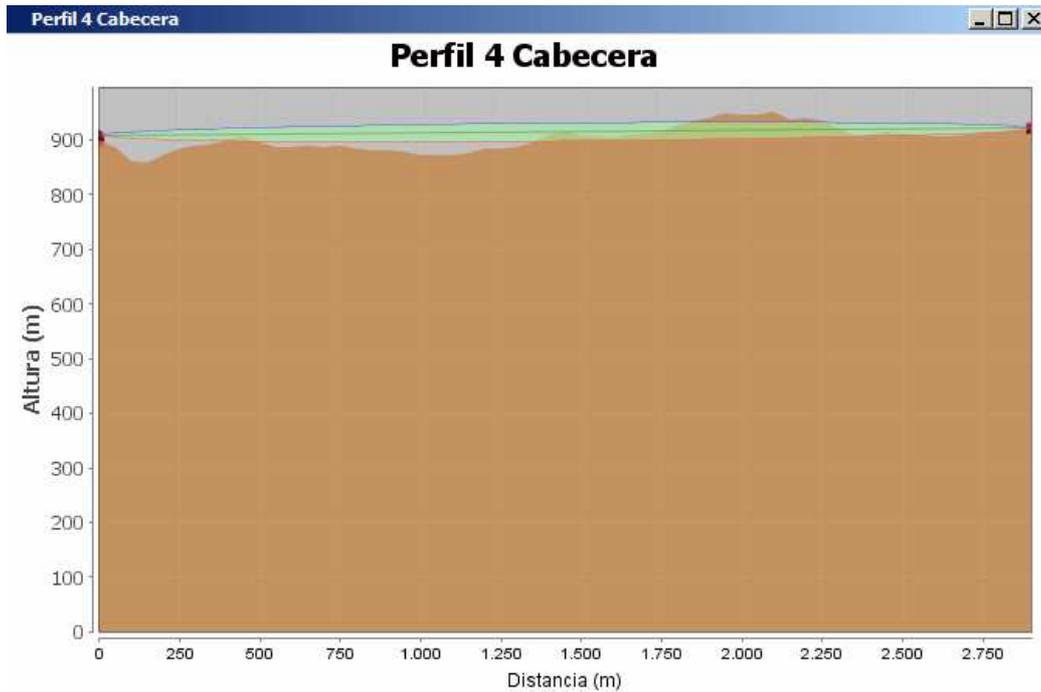
Perdida de propagación punto 4

f = 800 Mhz

d = 2.91 Km



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 4



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 4

Obstáculo que impide la recepción de cualquier servicio TDT.

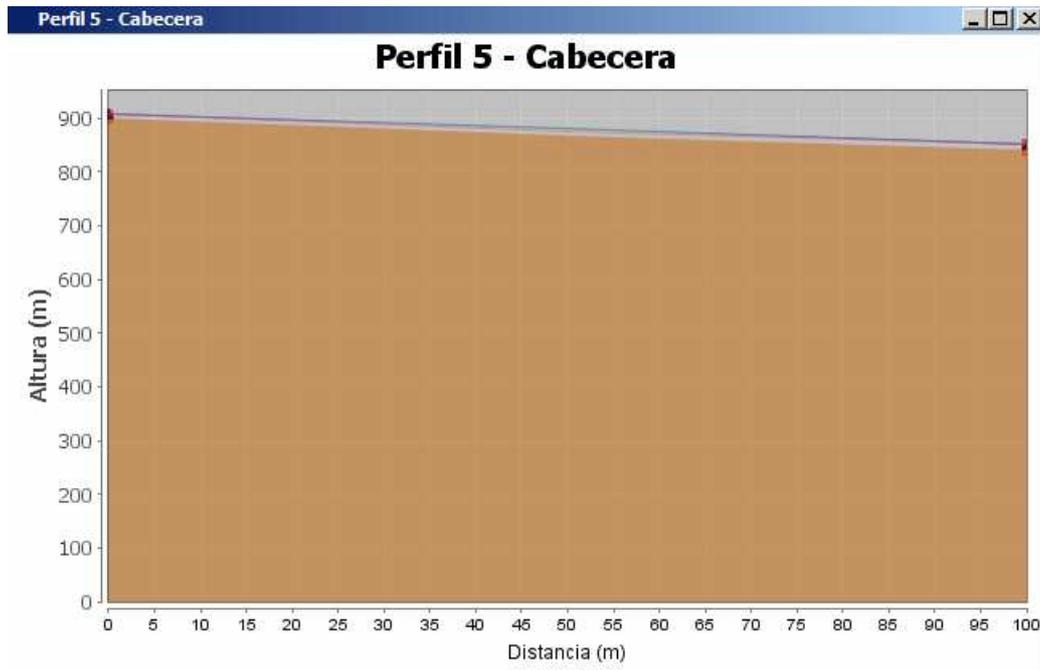
Perdida de propagación punto 5

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 0.148 \text{ Km}$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 5



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 5

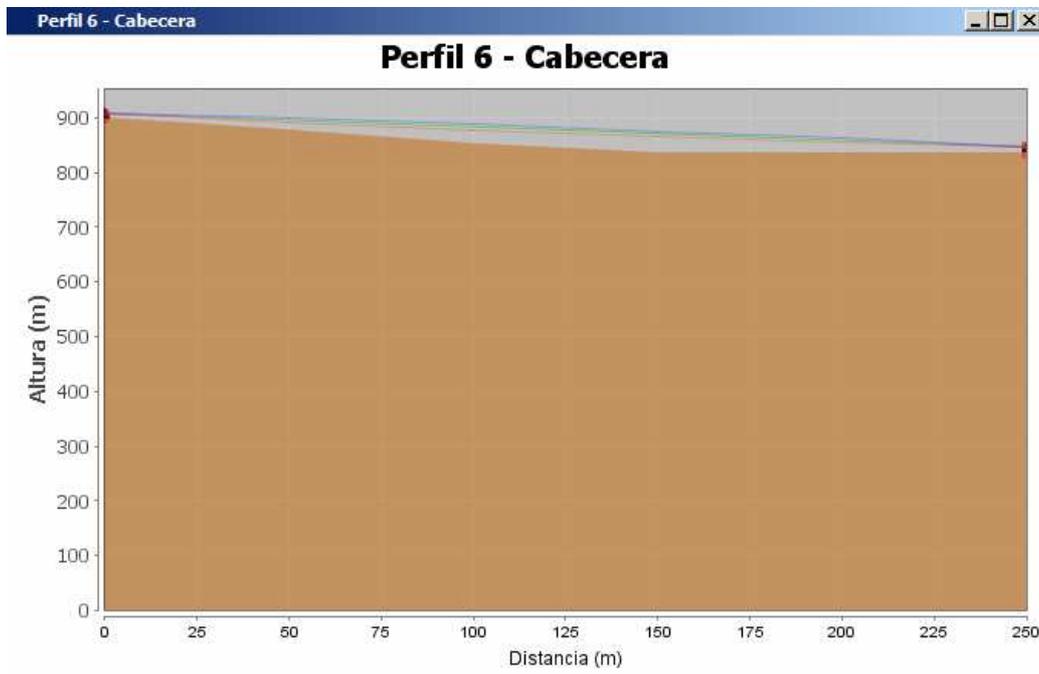
$$L = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20 \log(800) + 20\log(0,148) + 32.44 \text{ dB} = 73,90 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 6

f = 800 Mhz

d = 0.293 Km

Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 6Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 6

$$L = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20 \log(800) + 20\log(0.293) + 32.44 \text{ dB} = 79,83 \text{ dB}$$

Perdida de propagación punto 8

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 0.275 \text{ Km}$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 8



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 8

$$L = 20 \log(f) + 20 \log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20 \log(800) + 20 \log(0.275) + 32.44 \text{ dB} = 79.28 \text{ dB}$$

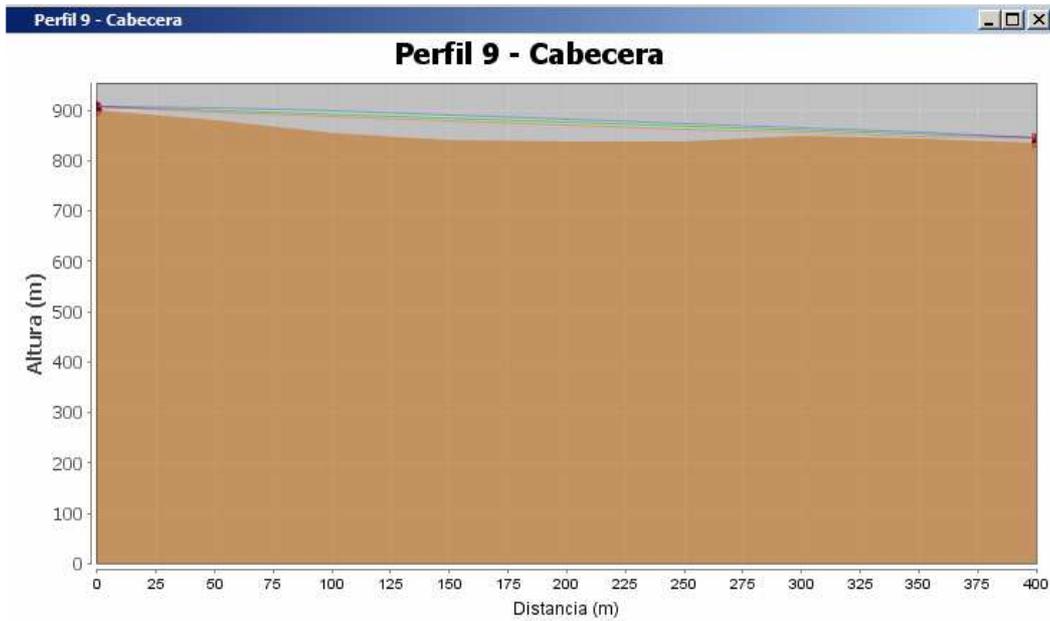
Perdida de propagación punto 9

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 0.423$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 9



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 9

$$L = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20 \log(800) + 20\log(0.423) + 32.44 \text{ dB} = 83,02 \text{ dB}$$

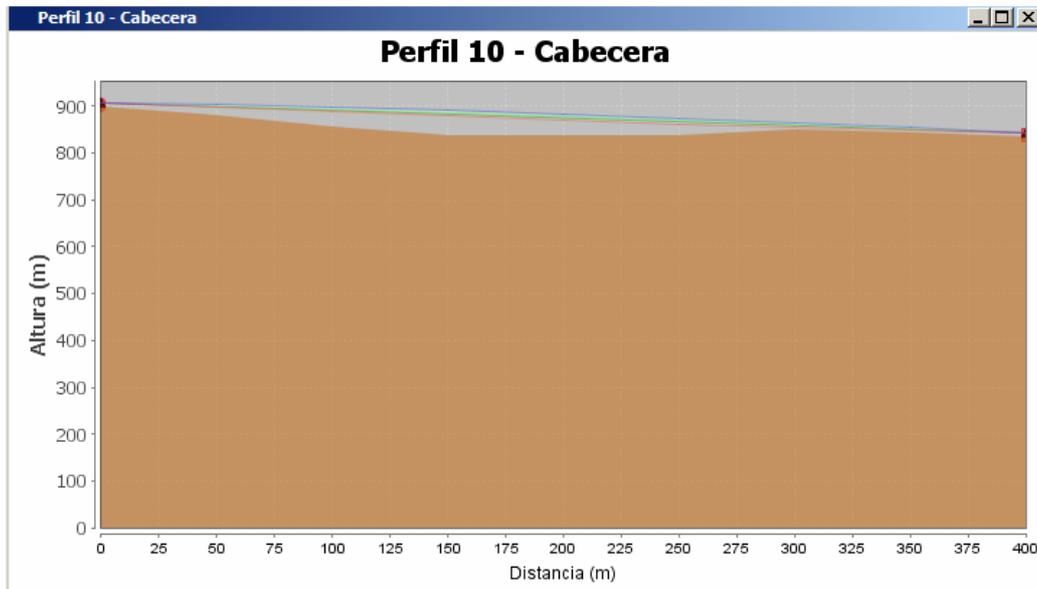
Perdida de propagación punto 10

$f = 800 \text{ Mhz}$

$d = 0.570 \text{ Km}$



Perfil orográfico *GoogleEarth* Punto 10



Perfil orográfico *RadioEarth* Punto 10

$$L = 20 \log(f) + 20\log(d) + 32.44 \text{ dB}$$

$$L = 20 \log(800) + 20\log(0.570) + 32.44 \text{ dB} = 85,61 \text{ dB}$$

ANEXO II – Pliego de Condiciones técnicas

En este anexo se muestran las características técnicas de los equipos que se necesitan para la instalación del centro reemisor.

Características de la antena receptora

Antena de UHF serie Diana de Fagor.



CAPTACIÓN DE SENAL

Antena de estructura tipo romboidal que ofrece un alto rendimiento con características mejoradas en la parte alta de la banda de UHF.

APLICACIÓN

Diseñado específicamente para cabeceras de recepción de TV analógica y digital. Sus prestaciones mejoran notablemente en la parte alta de la banda de UHF, principalmente en los canales que más atenuación sufren: 66, 67, 68 y 69.

CARACTERÍSTICAS

- Se suministra premontada para una fácil instalación, mediante el uso de un simple destornillador.
- El conjunto reflector Dipolo está concebido para una relación Delante-Atrás superior.
- Fabricada en materiales nobles, especialmente adecuados para la vida del producto en condiciones ambientales adversas.
- Permite el montaje tanto en polaridad horizontal como vertical manteniendo sus características de estanqueidad.
- Dispone de conector "F" que le aporta un alto blindaje.
- Concebida en colores discretos que se mimetizan con el entorno para evitar su impacto visual en los tejados.
- En caso de señales débiles en áreas de baja cobertura, permite incorporar el dipolo @ktive, que mejora el factor de mérito de la antena y ajeja el "efecto muro" (incorporado en referencias 84386 y 84387).



MODELO	Di@na	Di@na 6U	Di@na @ktive	Di@na @ktive 6U
Referencia	84375	84377	84387	84386
Canales	21 ... 69			
Genancia pasiva	16			
Genancia activa	15			
Impedancia	75			
Pérdidas de retorno	15			
Ángulo de apertura horizontal a -3 dB	33			
Longitud	1.128			
Carga al viento	71 98			
Unidades de embalaje	1	6	1	6
Dimensiones de embalaje	740 x 330 x 180	760 x 340 x 660	740 x 330 x 180	760 x 340 x 660
Peso	2	12	2	12

A Alimentación	12 ÷ 24 Vdc
Consumo	25 mA

CURVA DE GANANCIA

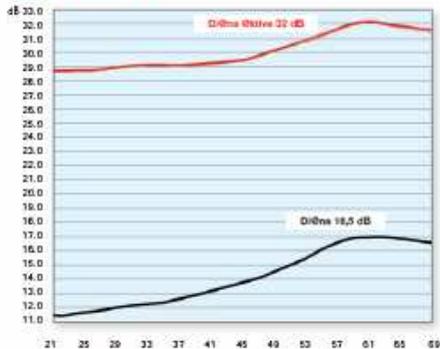
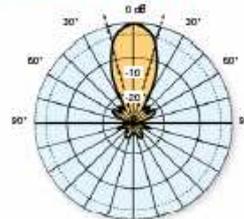


DIAGRAMA DE APERTURA HORIZONTAL



Características del equipo reemisor

Estructura para Rack o Pared DT-900 Promax



La estructura **DT-900**, permite el montaje de hasta 7 módulos **DT-XXX** más la unidad de control y fuente de alimentación **DT-800**.

Dependiendo de cómo se monten las diferentes partes del kit, puede ser usado directamente para **montaje en pared** o para ser colocado en un bastidor de **rack de 19"**.

Especificaciones	DT-900
Capacidad Montaje en rack Montaje en pared	Hasta 7 módulos (+ una unidad de control y alimentación DT-800) Formato sub-rack de 19" y altura 6U Soporte basculante para fijación sobre la pared (permite acceder fácilmente a las conexiones en el panel posterior de los módulos)
Características mecánicas Dimensiones	An. 482,6 x Al. 265 x Pr. 316 mm
Accesorios opcionales DT-901 DT-902	Tapa ciega para cubrir espacios vacíos (sin módulos). Módulo CAM multiservicio para acceso condicional (Viaccess, Mediaguard, Irdeo, Conax, Betacrypt Cryptoworks)

Hola Técnica de la estructura

Unidad de control y fuente de alimentación DT-800

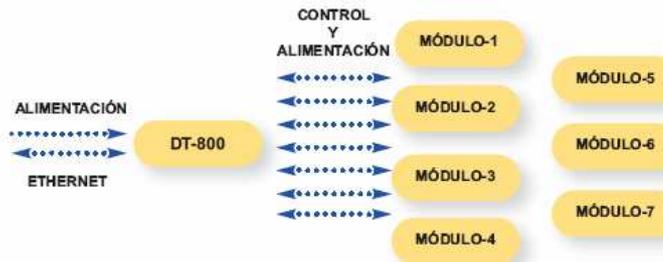


El DT-800 controla y alimenta hasta 7 módulos, de cualquier tipo.

El control es específico por módulo y es posible cambiar en cualquier momento la configuración de todos los parámetros de los receptores, moduladores... El teclado del panel frontal y la pantalla LCD proporcionan un fácil acceso a las funciones del módulo tales como sintonizado de frecuencias, niveles de salida, filtrado de servicios, etc.

El administrador puede impedir el acceso accidental o no autorizado al sistema mediante una contraseña de acceso.

Dispone de un puerto Ethernet en caso de que el instalador desee tomar el control remoto desde un PC. Esto puede ser especialmente interesante en el caso de querer copiar la configuración de un sistema a otro o para reducir el tiempo de instalación.



Especificaciones	DT-800
Módulos Control/Alimentación Auto-config Auto-link Interfaz local	Hasta 7 módulos DT-XXX Detección automática de los módulos conectados Detección automática de la interconexión entre módulos Pantalla LCD Teclado de navegación (6 teclas) 2x LEDs de información: Line On / Error Menú de navegación intuitivo, de tipo árbol
Comunicaciones Ethernet	10/100Mb. Control mediante driver de puerto serie virtual
Configuración de módulos Local Remota	A través de la interfaz local A través del puerto Ethernet (software para PC suministrado)
Alimentación Tensión de red Frecuencia de red Consumo Conector de salida Cantidad Tensión de salida	90 – 132 V AC / 180 – 264 V AC 50-60 Hz 150 W JST B08P-XL-HDS 2 +12 V 10 A máx +5 V 20 A máx
Condiciones ambientales de funcionamiento Altitud Margen de temperaturas Humedad relativa máxima	Hasta 2000 m De 5°C a 40°C 80% (hasta 31°C), decreciendo linealmente hasta el 50% a 40°C
Características mecánicas Dimensiones Peso	71 mm (A.) x 262 mm (AL.) x 230 mm (Pr.) 1,85 kg
Accesorios incluidos 1x 0 CC043 1x 0 CC044 1x 0 MI1625 1x	Cable Alimentación para 3 módulos Cable Alimentación para 4 módulos Manual de Instrucciones Software de programación PC (Windows 2000, XP, Vista)

Hoja técnica de la fuente de alimentación

Transmodulador DVB-T DT-212 Promax



El **DT-212** es un transmodulador DVB-T a DVB-T (COFDM). Dispone de una entrada directa COFDM que puede ajustarse a cualquier señal multiplexada y de una salida en la banda UHF. Es ágil en frecuencia y nivel de salida.

Este módulo permite restaurar la calidad de las señales multiplexadas, cuando éstas provienen de una fuente con ruido. Otra interesante característica es la que le permite el cambio de un canal de entrada a otro canal manteniendo íntegramente la calidad.

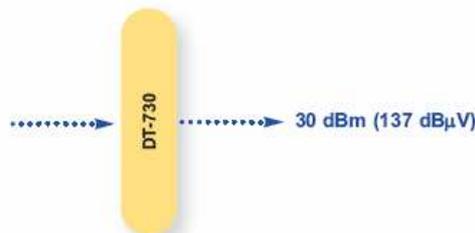
Especificaciones	DT-212
Entrada RF (DVB-T) Tipo Conector Margen de frecuencias Nivel de entrada Información	2 entradas DVB-T independientes 75 Ω Tipo- BNC, Hembra De 474 a 858 MHz 45 – 100 dB μ V MER de las señales de entrada
Parámetros Entrada DVB-T Portadoras Ancho de canal Intervalo de guarda Code Rate Constelación Inversión espectral	2k, 8k 7 MHz, 8 MHz Automático (1/4, 1/8, 1/16, 1/32) Automático (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) Automático (QPSK, 16-QAM, 64-QAM) Automático (ON, OFF)
Parámetros Salida DVB-T Portadoras Ancho de canal Intervalo de guarda Code Rate Constelación Inversión espectral	2 k, 8 k 7 MHz, 8 MHz Automático (1/4, 1/8, 1/16, 1/32) 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 QPSK, 16-QAM, 64-QAM ON, OFF
Salida de RF (DVB-T) Tipo Conector Rango de frecuencias Nivel de potencia (media) Estabilidad en frecuencia MER Ruido de fase SSB	2 multiplex DVB-T independientes combinados 50 Ω Tipo- F, Hembra Entre 474 y 875 MHz, en pasos de 1Hz(para salida en banda VHF, ver Opciones) Aprox. 85 dB μ V sin atenuación Atenuación variable de 0 a 30 dB (en pasos de 1dB) 10 ppm >36 dB de 650 MHz a 860 MHz >38 dB de 474 MHz a 650 MHz -87 dBc/Hz @ 2 kHz
Configuración	A través de la Unidad de Control DT-800 de forma local (teclado) o remota (PC). Ver DT-800

Hoja técnica del módulo DT-212

Amplificador de Potencia de 30 dBm DVB-T (1W) Promax



El DT-730 es un amplificador de potencia RF de 1 W de alta calidad para señales COFDM, para sistemas de portadora única o multiportadora (*). El sistema ofrece una salida amplificada de 30 dBm (137 dB μ V). Ésta es una solución de alta calidad que conserva la calidad de la señal original y mantiene los niveles de ruido bajos.



Especificaciones	DT-730
Margen de frecuencias	De 470 MHz a 862 MHz
Entrada Tipo Conector Perdidas de Retorno Nivel Nominal de entrada COFDM (dB μ V@75 Ω)	1 entrada RF 50 Ω BNC hembra <-15 dB 1 canal a 85 dB μ V \pm 3 dB 2 canales a 82 dB μ V \pm 3 dB 4 canales a 79 dB μ V \pm 3 dB 8 canales a 76 dB μ V \pm 3 dB 16 canales a 73 dB μ V \pm 3 dB 32 canales a 70 dB μ V \pm 3 dB
Salida Tipo Conector Perdidas de retorno Potencia nominal MER Potencia máxima Espurios Ganancia Nivel nominal de salida (dB μ V@50 Ω)	1 salida amplificada N hembra 50 Ω <-15 dB +30 dBm COFDM \geq 35 dB +35 dBm COFDM Nivel <-43 dBc (potencia de salida +30 dBm) 52 dB \pm 3 dB 1 canal a 137 dB μ V 2 canales a 134 dB μ V 4 canales a 131 dB μ V 8 canales a 128 dB μ V 16 canales a 125 dB μ V 32 canales a 122 dB μ V
Alimentación Conector Tensión de alimentación y consumo máximo	A través del módulo DT-800 / 802 JST B08P-XL-HDS (cable de conexión suministrado con DT-800 802) +12 V ; < 5,2 A (típico: 3,7 A)

Hoja técnica del amplificador DT-730

Cable coaxial y conectores

Cable Cellflex 1/2" Vimesa



CELLFLEX Cable LCF 1/2" – 50 Ohm y 75 Ohm

Es un cable coaxial flexible de baja pérdida con unas características de construcción que lo hacen muy fácil de instalar y cablear. Está diseñado para su uso en instalaciones de baja potencia, microondas, distribuidores de antena y montajes de tipo puente. Tiene el conductor interno de cobre, el dieléctrico de espuma de baja densidad y el conductor externo anular acanalado de tubo de cobre. Este tipo de diseño del cable proporciona mayor fuerza mecánica y una gran eficacia.

Structure		Diameter	
		50 Ω	75 Ω
Inner conductor:	Copper wire	4.9 mm	3.1 mm
Dielectric:	Low Loss foam polyethylene	11.6 mm	11.6 mm
Outer conductor:	Corrugated copper tube	13.7 mm	13.7 mm
Jacket:	Polyethylene, black	16.0 mm	16.0 mm

Mechanical Properties		50 Ω		75 Ω	
Weight, approx.		0.35	kg/m	0.25	kg/m
Min. bending radius, single bending		70	mm	70	mm
Min. bending radius, repeated bending		200	mm	200	mm
Max. tensile force		1470	N	730	N
Recommended/max. clamp spacing		0.6/1.0	m	0.6/1.0	m
Recommended temperature range during installation		-40°C . . . +60°C (Cu2Y)			
		-25°C . . . +60°C (CuH)			

Electrical Properties		50 Ω		75 Ω	
Characteristic impedance		50	± 1 Ohms	75	± 1.5 Ohms
Relative propagation velocity		88	%	88	%
Capacity		76	pF/m	50	pF/m
Max. operating frequency		3 000	MHz	3 000	MHz
Cut-off frequency		10 200	MHz	11 500	MHz
Peak power rating		25.6	kW	15.6	kW
Peak RF voltage rating		1.60	kV	1.53	kV
DC-resistance inner conductor		0.97	Ohms/km	2.46	Ohms/km
DC-resistance outer conductor		1.9	Ohms/km	1.9	Ohms/km

Frequency	Attenuation at 20°C cable temperature		Mean power rating at 40°C ambient temperature	
	50 Ω	75 Ω	50 Ω	75 Ω
10 MHz	0.67	0.62 dB/100 m	12.6	7.3 kW
30 MHz	1.17	1.09 dB/100 m	7.2	4.2 kW
100 MHz	2.16	2.02 dB/100 m	3.9	2.27 kW
200 MHz	3.1	2.91 dB/100 m	2.75	1.58 kW
300 MHz	3.8	3.6 dB/100 m	2.23	1.28 kW
450 MHz	4.7	4.5 dB/100 m	1.81	1.03 kW
900 MHz	6.8	6.6 dB/100 m	1.25	0.70 kW
1500MHz	9.0	8.8 dB/100 m	0.96	0.54 kW
1800 MHz	9.9	9.8 dB/100 m	0.86	0.48 kW
2300 MHz	11.4	11.3 dB/100 m	0.76	0.42 kW
3000 MHz	13.2	13.2 dB/100 m	0.66	0.36 kW

Hoja técnica del cable coaxial

Conectores Tredess N y F



Conectores

Referencia	857300	857302	857303	857301	857304
Denominación	Conector Nm para cable 1/2"	Conector 7/16 m para cable 1/2"	Conector Nm para cable RG-214	Conector Nh para cable 1/2"	Conector BNCm para cable RG-214
Impedancia	50 Ohm.				
Frecuencia	DC a 11 GHz.	DC a 7,5 GHz	DC a 11 GHz	DC a 11 GHz	DC a 4 GHz.
Efectividad de apantallamiento	90 dB	128 dB	90 dB	90 dB	55 dB
Rigidez dieléctrica (a nivel del mar)	2,5 kV rms, 50 Hz	4,0 kV rms, 50 Hz	2,5 kV rms, 50 Hz	2,5 kV rms, 50 Hz	1,5 kV rms, 50 Hz
Tensión de trabajo	1,0 kV rms, 50 Hz	2,7 kV rms, 50 Hz	1,0 kV rms, 50 Hz	1,0 kV rms, 50 Hz	500 V rms, 50 Hz
Resistencia de aislamiento	5000 MOhm.	10000 MOhm.	5000 MOhm.	5000 MOhm.	5000 MOhm.

Hoja técnica de los conectores

Sistema Radiante

Panel de 4 Dipolos Diratel modelo VPH4R



Es una antena formada por 4 dipolos de onda completa con panel reflectante y radomizada.

VPH4R

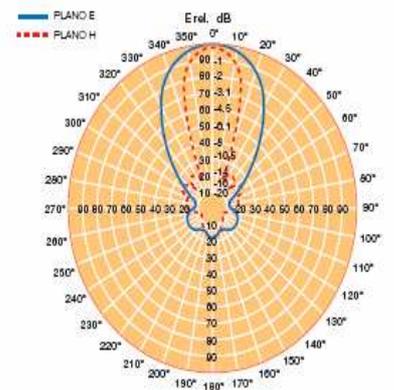
Características eléctricas

Rango frecuencia	470 a 860 MHz
Polarización	Horizontal o Vertical
Impedancia de entrada	50 Ω
R.O.E.	≤1.3
Ganancia	13,5 dBi
Conector de entrada	7/16 o N Hembra
Potencia máxima	500 W con conector 7/16 100 W con conector N

Datos mecánicos

Dimensiones	1000 x 500 x 220 mm
Peso	8 Kg para 100 W - 15 Kg para 500 W
Materiales	
Dipolo	Cobre en soporte de fibra para 100 W Latón plateado para 500 W
Reflector	Acero galvanizado
Aislantes	Delrín y Teflón
Radomo	Poliéster
Amarres	Abrazaderas a tubo Ø 40 y 60 mm

Diagrama de radiación



Hoja técnica del sistema radiante

Mástil telescópico Ikusi

Mástiles Telescópicos

1934

REF. 1934

1937

REF. 1881

1935

REF. 1935

1938

REF. 1885

1936

REF. 1880

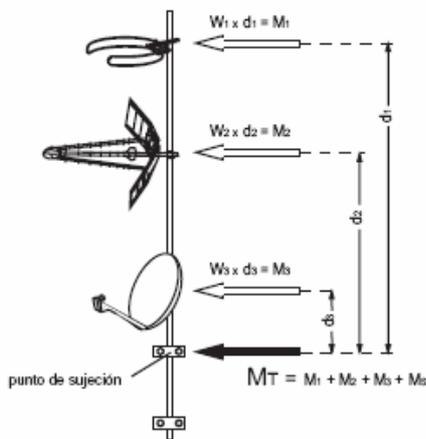


- Fácil instalación.
- Alturas de hasta 14,2 m.
- Material: acero calidad S235JR (EN 10025) zincado.
- Para arriostamiento en Ø30 y 35 mm, utilizar el juego de vientos Ref. 1916.

1934 1935 1936 1937 1938

Tramo		A	B	C	D	E
Longitud	m	3	3	3	3	3
Diámetro	mm	25	30	35	40	45
Espesor	mm	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

- Cálculo del Momento Flector MT en el punto de sujeción de un mástil con varias antenas



$W_{1,2,3}$ = Cargas del Viento de las antenas
 $M_{1,2,3}$ = Momentos Flectores debidos a cada antena
 M_S = Momento intrínseco del mástil
 M_T = Momento Flector en el punto de sujeción

$$M_T = M_1 + M_2 + M_3 + M_S$$