ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Proyecto Fin de Carrera

Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio de Lorca. Propuesta de solución a zonas de pobre recepción de señal con la instalación de reemisores de pequeña potencia o *Gap-fillers*.

AUTOR: José Carlos Casas González.
DIRECTOR: José Juan Morcillo López

Febrero / 2009

Autor:	José Carlos Casas González
Email del autor:	josecarloscg@*Yahoo*.es
Director:	José Juan Morcillo López
Email del Director:	jose.morcillo@upct.es
Título del PFC:	Estudio y análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio de Lorca. Propuesta de solución a zonas de pobre recepción de señal con la instalación de reemisores de pequeña potencia o *Gap-fillers*.
Resumen:	Ante la inminente llegada del "Apagón Analógico", aún quedan muchas zonas en nuestro país, y en especial en zonas rurales de la Región de Murcia que no reciben la señal de la Televisión Digital Terrestre (TDT). Por ello, se pretende el estudio concreto de una de estas zonas, de forma que se obtengan las deficiencias en cuanto a la recepción de la señal de la TDT y su solución mediante la colocación de microrepetidores en las zonas deficitarias y la colocación o ampliación de los repetidores existentes.
Titulación:	Ingeniería de Telecomunicación
Especialidad:	
Departamento:	Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Fecha de Presentación:	Febrero 2009

Agradecimientos

Agradecer a *D. José Juan Morcillo López* por sus ideas, aportaciones y tiempo dedicado a este proyecto, así como a todos los profesores que he tenido a lo largo de mi vida escolar, y que me han inculcado sus conocimientos.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros, desde que empecé esta larga travesía hasta que he conseguido llegar a buen puerto, por su apoyo, ánimo y por los buenos momentos vividos.

Y como no, gran agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres y hermana, por su apoyo y ánimo, en estos años de estudio.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN..... 15
1.1 Antecedentes. 15
1.2 Objetivos. 16
1.3 Herramientas utilizadas en el proyecto. 16
1.4 Estructura de la memoria del proyecto. 17

2. SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN. 19
2.1 Características técnicas de las señales de televisión analógica y televisión digital..... 19
2.2 La Televisión Digital 21
2.2.1 La Televisión Digital Terrestre 22
2.2.1.1 ¿Qué es la Televisión Digital Terrestre? 22
2.2.1.2 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre. 22
2.2.1.3 Inconvenientes de la Televisión Digital Terrestre. 23
2.2.1.4 Funcionamiento general de la Televisión Digital Terrestre. 24

3. EL SISTEMA DVB-T 25
3.1 DVB Project 25
3.2 Estándares DVB 26
3.2.1 Estándares de transmisión 26
3.2.1.1 DVB-S: 26
3.2.1.2 DVB-S2: 27
3.2.1.3 DVB-C: 28
3.2.1.4 DVB-CS: 28
3.2.1.5 DVB-T: 29
3.2.1.6 DVB-H: 29
3.3 DVB-T 30
3.3.1 Introducción al sistema DVB-T 30
3.3.2 Características del DVB-T 31
3.3.2.1 Características técnicas de la TDT 31
3.3.2.1.1 Modulación Multiportadora ODFM. 31
3.3.2.1.2 Intervalos de guarda. 33
3.3.2.1.3 Codificación de canal. 33
3.3.2.1.4 Modulación jerárquica 34
3.3.2.2 Especificaciones 36
3.3.2.2.1 Estándar ETSI EN 300 468- Codificación de fuente 36
3.3.2.2.2 Estándar ETSI EN 300 744 37
3.3.2.3 Implementación 42
3.3.2.3.1 Aspectos de transmisión del sistema DVB-T 42
3.3.2.3.1.1MPEG-2-TS multiplex 42
3.3.2.3.2.2 Implementación del MPEG-2 43
3.3.3 La red de difusión en la TDT 45
3.3.3.1 Redes SFN 45
3.3.3.2 Redes MFN 47
3.3.4 Despliegue del DVB-T y alternativas a nivel mundial 47
3.3.4.1 Sistemas de televisión digital terrestre 48
3.3.4.1.1 ATSC DTV 49
3.3.4.1.2 ISDB-T 49

3.3.4.1.3 DTMB (Digital Terrestrial/Television Multimedia Broadcasting) 49
3.3.4.2 Comparativa DVB-T, ISDB-T y ATSC 50
3.3.5 Futuro del DVB-T 51
3.3.5.1 DVB-T2 51

4 LA TDT EN ESPAÑA 53
4.1 Legislación española 53
4.2 Historia de la TDT en España 57
4.3 El Apagón Analógico 58
4.4 El Post 2010 61
4.5 Parámetros adoptados en España 62
4.5.1 Especificaciones del sistema DVB-T 62
4.5.2 Frecuencias empleadas. 64
4.6 Situación de la TDT en la Región de Murcia. 67
4.7 Situación de la TDT en el municipio de Lorca. 72

5 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN IMPLEMENTADA Y PRUEBAS REALIZADAS 87
5.1 Descripción 87
5.2 *Gap-fillers* 87
5.2.1 Características de un gap-filler. 87
5.2.2 Ventajas e inconvenientes de los gap-fillers. 88
5.2.3 Tipos de gap-filler. 92
5.2.4 Repetidores regenerativos 93
5.3 Estudio previo a la elaboración del proyecto técnico de estación reemisora de TDT. 94
5.3.1 Planteamiento inicial 95
5.3.1.1 Cálculo de las intensidades de campo necesarias para la recepción de la TDT. 95
5.3.1.2 Colocación de los emplazamientos 99
5.3.1.3 Parámetros del transmisor 100
5.3.1.4 Parámetros del receptor 101
5.3.1.5 Pérdidas de propagación. 101
5.3.1.5.1 Estación Base 101
5.3.1.5.2 Estación móvil 103
5.3.1.5.3 Parámetros comunes. 104
5.3.1.5.4 Zona de cálculo 105
5.3.1.6 Resultados obtenidos 105
5.3.1.6.1 Señales y niveles de los múltiplex de TDT recibidos en el reemisor. 105
5.3.2 Solución adoptada 110
5.3.2.1 Localidad a estudio 111
5.3.2.2 Canales radioeléctricos de trabajo y características de la emisión. 113
5.3.2.3 Características técnicas de diseño de la estación transmisora. 114
5.3.2.3.1 Equipo o equipos transmisores. 114
5.3.2.3.2 Descripción del sistema radiante utilizado. 115
5.3.2.3.3 Descripción del sistema receptor 116
5.3.2.4 Cálculo de la cobertura radioeléctrica de la estación. 117
5.2.3.5 Datos de recepción de TV analógica. 119

5.3.2.6 Protecciones radioeléctricas. 121
5.3.2.7 Protecciones de seguridad de la estación emisora. 122
5.3.2.8 Planos. 122
5.3.2.9 Pliego de condiciones técnicas. 122
5.3.2.10 Presupuesto 123

6. Conclusiones y líneas de trabajo futuras 125

7. Referencias Bibliográficas. 127

Anexos 129
A. Proyecto de estación reemisora (*gap-filler*) de Televisión Digital Terrestre. 129
A.1 Memoria 129
A.1.1 Datos Generales: Datos del titular de la instalación. 129
A.1.2 Características generales de la estación transmisora. Características técnicas generales de la estación transmisora: Datos del titular de la instalación 129
A.1.2.1 Nombre de la estación. 129
A.1.2.2 Emplazamiento. 130
A.1.2.3 Canal Radioeléctrico de trabajo y características de la emisión. 130
A.1.2.4 Características técnicas de diseño de la estación transmisora, o, en su caso, de la red de estaciones. 134
A.1.2.4.1 Equipo o equipos transmisores. 134
A.1.2.4.2 Cálculo de la potencia de salida del transmisor 135
A.1.2.4.3 Descripción del sistema radiante utilizado. 136
A.1.2.4.3.1 Características del sistema radiante. 137
A.1.2.4.3.2 Características de los cables. 137
A.1.2.4.3.3 Características de los latiguillos. 138
A.1.2.4.4 Torre o Mástil soporte de antenas. 138
A.1.2.4.5 Cálculo de las alturas efectivas 140
A.1.2.4.6 Polarización de las emisiones. 140
A.1.2.4.7 Diagrama de atenuación. 140
A.1.2.4.8 Descripción de sistema de sincronización. 141
A.1.2.4.9.1 Señales y niveles de los múltiples de Televisión Digital Terrestre recibidos en los reemisores 141
A.1.2.4.9.2 Características de la antena receptora y de los cables de transmisión. 144
A.1.2.4.9.2.1 Características de la antena receptora 144
A.1.2.4.9.2.2 Características del cable antena receptora-repartidor 145
A.1.2.4.9.2.3 Características del repartidor 145
A.1.2.4.9.2.4 Características del cable repartidor-demultiplexor 145
A.1.2.4.9.2.5 Características del demultiplexor 146
A.1.2.4.9.3 Sistema de cancelación de ecos 146
A.1.2.4.10 Descripción del sistema de alimentación de energía de la instalación 146
A.1.2.5 Cálculo de la cobertura radioeléctrica de la estación. 147
A.1.2.6 Protección de las instalaciones aeronáuticas, de las estaciones de socorro y seguridad, de los observatorios de radioastronomía y radiofísica, de las estaciones

terrenas de seguimiento y control de satélites, de los centros de comprobación técnica de emisiones. 147
A.1.2.7 Protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. 148
A.1.2.7.1 Cálculo y medida de los niveles de exposición radioeléctrica. 148
A.1.2.7.2 Estudio de los niveles de exposición en el entorno. 149
A.1.2.7.3 Determinación del volumen de referencia. 149
A.1.2.7.3.1 Distancia mínima de protección 149
A.1.2.7.3.2 Distancia de campo lejano 149
A.1.2.7.3.3 Volumen de referencia. 150
A.1.2.8 Protecciones de seguridad de la estación transmisora. 150
A.1.2.8.1. Descripción de los sistemas de protección frente a descargas eléctricas. 150
A.1.2.8.2 Descripción de los sistemas de detección y protección contra incendios. 151
A.1.2.8.3 Descripción de vallado perimetral del recinto de instalación. 151
A.1.2.8.4 Líneas de vida 151
A.1.2.8.5 Protecciones eléctricas 153
A.1.2.8.5.1 Sistemas de protección contra contactos eléctricos directos 153
A.1.2.8.5.2 Sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos 154
A.2 PLANOS 156
A.2.1 Plano nº 1 156
A.2.2 Plano nº2 157
A.2.3 Plano nº3 158
A.2.4 Plano nº 4 159
A.2.5 Plano nº 5 160
A.2.6 Plano nº 6 161
A.2.7 Plano nº 7 162
A.2.8 Plano nº 8 163
A.2.9 Plano nº 9 164
A.3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS. 165
A.3.1 Certificados de declaración de conformidad y marcado CE de los equipos 165
A.3.2 Características técnicas genéricas y completas del equipamiento. 165
A.3.2.1 Características del equipo transmisor. 165
A.3.2.2 Características del sistema receptor 167
A.3.2.2.1 Características de la antena receptora 167
A.3.2.2.2 Características de los cables, conectores y latiguillos. 167
A.3.2.2.3 Características del repartidor. 169
A.3.2.2.4 Características del demultiplexor. 169
A.3.2.2.5 Características del mástil y accesorios. 170
A.3.2.3 Características del sistema radiante. 171
A.3.2.3.1 Características del panel emisor. 171
A.3.2.3.2 Características de cables, conectores y latiguillos. 172
A.3.2.4 Características de la torre de soporte de antenas. 173
A.3.2.5 Características del cancelador de ecos. 173
A.3.2.6 Características de los elementos de protecciones de seguridad de la estación. 173
A.3.2.6.1 Torre soporte de la antena. 173
A.3.2.6.2 Armario o Caseta para alojamiento de los equipos. 174
A.3.2.7 Cerramiento. 176
A.3.3 Normativa aplicable y Legislación. 177

A.3.3.1 Normativa y Recomendaciones: 177
A.3.3.2 Legislación: 179
A.4 PRESUPUESTO 182
A.4.1 Equipo Transmisor 182
A.4.2 Sistema Radiante 182
A.4.3 Sistema Receptor 182
A.4.4 Infraestructuras auxiliares 183
A.4.5 Mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha 183
A.4.6 Resumen del presupuesto 183
A.5 APÉNDICES 184
A.5.1 Hoja Resumen 184
A.5.2 Ficha de características técnicas 184

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Comparativa de un canal analógico y un canal digital..... 20
Figura 2: Esquema comparativo de la tecnología analógica y digital. 20
Figura 3: Red de televisión digital..... 21
Figura 4: Esquema de procesos de una transmisión de TDT. 24
Figura 5: Modelo de comunicaciones OSI 30
Figura 6: Fundamentos del OFDM..... 31
Figura 7: Modulación de subportadoras. 32
Figura 8: Modulación jerárquica no uniforme, con α =2. 35
Figura 9: Codificación de la fuente y multiplexado MPEG-2. 37
Figura 10: Adaptador de canal terrestre. 38
Figura 11: Ejemplo de red SFN. 46
Figura 12: Red SFN con *gap-fillers.* 47
Figura 13: Sistemas de TDT a nivel mundial. 48
Figura 14: Mapa europeo del despliegue del DVB-T del año 2007. 48
Figura 15: Reparto de canales digitales en la actualidad. 61
Figura 16: Reparto de canales digitales tras el apagón analógico. 61
Figura 17: *Bit-rate* neto en un sistema DVB-T y C/N requerida para una recepción casi sin errores. 64
Figura 18: Frecuencias de emisión de canales estatales sin capacidad de desconexiones. 65
Figura 19: Mapa de los canales reservados para los MUX autonómicos con desconexiones provinciales. 66
Figura 20: Mapa de la red SFN autonómica de RTVE..... 66
Figura 21: Mapa de los centros emisores de la Región de Murcia. 69
Figura 22: Canales previstos para el MUX local en cada una de las demarcaciones territoriales de la Región de Murcia. 71
Figura 23: Ejemplo de búsqueda de cobertura en www.tdt.es. 73
Figura 24: Ejemplo de búsqueda de cobertura en www.tvrm.es. 73
Figura 25: Esquema de un *gap-filler.* 88
Figura 26: Respuesta al impulso de un *gap-filler* convencional. Margen de Ganancia 10dB. 89
Figura 27: Espectro de la señal a la salida de un *gap-filler* convencional. Margen de Ganancia 10dB. 89
Figura 28: Respuesta al impulso de *gap-filler* con cancelador de ecos. Margen de Ganancia 10dB (Izquierda). Espectro de la señal a la salida de un *gap-filler* con cancelador de ecos. Margen de Ganancia 10dB (Derecha). 90
Figura 29: Comparativa entre un *gap-filler* y un repetidor regenerativo. 93
Figura 30: Esquema de un repetidor regenerativo para señales DVB-T. 93
Figura 31: Ejemplo de red SFN con repetidores regenerativos. 94
Figura 32: Función de densidad de probabilidad para distintas intensidades de campo. 97
Figura 33: Cálculo de campo eléctrico con *RadioEarth*..... 99
Figura 34: Mapa con los emplazamientos que afectan al municipio de Lorca..... 100
Figura 35: Introducción de la potencia de emisión en *RadioEarth.* 101
Figura 36: Umbral de campo eléctrico en el receptor. 101
Figura 37: Introducción de los parámetros de la Estación Base con *RadioEarth.* 103
Figura 38: Introducción de los parámetros de la Estación Móvil con *RadioEarth.* 103
Figura 39: Introducción de los Parámetros Comunes con *RadioEarth.* 104
Figura 40: Introducción de los parámetros de la Zona de Cálculo con *RadioEarth*. ... 105

Figura 41: Cobertura proporcionada por el centro emisor de Carrascoy. 106
Figura 42: Cobertura proporcionada por el repetidor de Lorca III. 107
Figura 43: Cobertura proporcionada por el repetidor de Lorca II. 107
Figura 44: Cobertura proporcionada por el repetidor de La Paca. 108
Figura 45: Cobertura proporcionada al municipio de Lorca. 109
Figura 46: Cobertura actual de TDT en la población de Coy. 111
Figura 47: Mapa del municipio de Lorca. 112
Figura 48: Mapa de la localidad de Coy. 112
Figura 49: Cobertura del canal 60 en Coy, antes de la colocación del reemisor. 114
Figura 50: Intensidad de campo general proporcionada por la estación (500MHz). ... 117
Figura 51: Intensidad de campo específica proporcionada por la estación (500MHz). 118
Figura 52: Intensidad de campo general proporcionada por la estación (800MHz). ... 118
Figura 53: Intensidad de campo específica proporcionada por la estación (800MHz). 119
Figura 54: Cálculo de la intensidad de campo de un canal analógico. 121
Figura 55: Plano 1: Emplazamiento del centro emisor (1:50000) 156
Figura 56: Plano 2: Plano de Planta 157
Figura 57: Plano 3: Plano de alzado. 158
Figura 58: Plano 4: Esquema de conexionado. 159
Figura 59: Plano 5. Diagrama de radiación horizontal 160
Figura 60: Plano 6. Diagrama de radiación vertical. 161
Figura 61: Plano 7. Distancia mínima de protección radioeléctrica. 162
Figura 62: Plano 8. Volumen de referencia. 163
Figura 63: Plano 9. Contorno del área de cobertura prevista. 164
Figura 64: Hoja técnica del *Gap-Filler Gama Profesional Tredess Ref. 852003* 166
Figura 65: Hoja técnica de la antena receptora Televés Ref. 1095. 167
Figura 66: Hoja técnica del cable antena receptora-repartidor Televés Ref. 2140. 167
Figura 67: Hoja técnica del cable antena receptora-demultiplexor Televés Ref. 4358. 168
Figura 68: Hoja técnica del cable Tredess Ref. 857210. 168
Figura 69: Hoja técnica de los conectores de la antena receptora Tredess Ref. 857303 y 857304. 169
Figura 70: Hoja técnica del repartidor Televés Ref. 4530. 169
Figura 71: Hoja técnica del demultiplexor Tredess Ref. 858503. 169
Figura 72: Hoja técnica mástil antena receptora. 170
Figura 73: Hoja técnica soporte para mástil de antena receptora. 170
Figura 74: Hoja técnica abrazadera antena receptora a mástil. 170
Figura 75: Hoja técnica del panel emisor IKUSI PRA-012 Ref. 2156. 171
Figura 76: Hoja técnica de los cables del sistema radiante Tredess Ref. 857211 172
Figura 77: Hoja técnica de los conectores del sistema radiante Tredess Ref. 857302 y 857301. 172
Figura 78: Hoja técnica de los latiguillos del sistema radiante Tredess Ref. 857200. . 172
Figura 79: Hoja técnica de los armarios para el alojamiento de los equipos. 175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros más relevantes de los sistemas analógico y digital..... 20
Tabla 2: Comparativa de la transmisión analógica y de las tecnologías digitales..... 21
Tabla 3: Intervalos de guarda DVB-T. 33
Tabla 4: Frecuencias asignadas a los canales 66 al 69. 64
Tabla 5: Frecuencias asignadas a los canales 57 al 65. 65
Tabla 6: Frecuencias asignadas a los canales 21 al 56. 67
Tabla 7: Municipios de la Región de Murcia asociados al Proyecto de Transición de Carrascoy. 68
Tabla 8: Municipios de la Región de Murcia asociados al Proyecto Técnico de Ricote. 68
Tabla 9: Datos de los centros emisores de la Región de Murcia. 70
Tabla 10: Datos de los centros emisores de las demarcaciones existentes en la Región de Murcia. 72
Tabla 11: Comparativa de la cobertura presente en núcleos de población del municipio de Lorca. 83
Tabla 12: Listado de canales de TDT que se reciben en el municipio de Lorca. 86
Tabla 13: Valores de intensidad de campo eléctrico en función de los múltiples a emitir. 98
Tabla 14: Niveles de campo eléctrico para la correcta recepción de la TDT. 99
Tabla 15: P.R.A. de los centros emisores que radian en el municipio de Lorca. 100
Tabla 16: Altura de las antenas transmisoras de los emplazamientos considerados. ... 102
Tabla 17: Orientación de las antenas en los centros emisores que radian al municipio de Lorca. 102
Tabla 18: Zona de cálculo de la cobertura de cada centro emisor con *RadioEarth*. 105
Tabla 19: Resumen de los canales radioeléctricos a distribuir en Coy. 113
Tabla 20: Nivel de campo eléctrico de los canales de TDT a amplificar en Coy. 113
Tabla 21: Programas y canales emitidos por los *gap-fillers*. 114
Tabla 22: Tipos de tupla para la descripción de los diagramas de atenuación. 116
Tabla 23: Niveles de campo de las señales de TV analógica recibidas en Coy. 120
Tabla 24: Datos del titular de la instalación. 129
Tabla 25: Nombre de la estación. 129
Tabla 26: Emplazamiento de la estación. 130
Tabla 27: Características del canal radioeléctrico 60 (786MHz). 131
Tabla 28: Carácterísticas del canal radioeléctrico 61 (794 MHz) 131
Tabla 29: Características del canal radioeléctrico 66 (634MHz). 132
Tabla 30: Características del canal radioeléctrico 67 (842MHz). 133
Tabla 31: Características del canal radioeléctrico 68 (850MHz). 133
Tabla 32: Características del canal radioeléctrico 69 (858MHz). 134
Tabla 33: Características del equipo transmisor 1 (*gap-filler 1*). 134
Tabla 34: Características del equipo transmisor 2 (*gap-filler 2*). 135
Tabla 35: Datos de emisión equipo transmisor 1 (*gap-filler 1*)..... 135
Tabla 36: Datos de emisión equipo transmisor 2 (*gap-filler 2*)..... 136
Tabla 37: Atenuación del sistema radiante. 136
Tabla 38: Potencia de salida del transmisor. 136
Tabla 39: Características del sistema radiante. 137
Tabla 40: Características de los cables del sistema radiante. 137
Tabla 41: Características de los latiguillos del sistema radiante. 138
Tabla 42: Longitud y esfuerzo nominal de los postes de hormigón de la torre. 138
Tabla 43: Cálculos de cimentación y esfuerzos de la torre. 139
Tabla 44: Descripción del lugar donde se ubicará la torre. 139

Tabla 45: Alturas efectivas y acimut. 140
Tabla 46: Diagrama de atenuación. 141
Tabla 47: Niveles de recepción de la TDT en las localidades estudiadas. 142
Tabla 48: Datos del medidor de campo utilizado para la recepción de la señal. 143
Tabla 49: Datos de recepción de las señales de TDT. 144
Tabla 50: Datos de recepción de las señales de TV analógica. 144
Tabla 51: Características de la antena receptora. 145
Tabla 52: Características del cable antena receptora-repartidor. 145
Tabla 53: Características del repartidor. 145
Tabla 54: Carácterísticas del cable repartidor-demultiplexor 145
Tabla 55: Características del demultiplexor. 146
Tabla 56: Datos de la cobertura radioeléctrica de la estación. 147
Tabla 57: Cimentación de la torre soporte de la antena. 174
Tabla 58: Presupuesto del equipo transmisor. 182
Tabla 59: Presupuesto del sistema radiante. 182
Tabla 60: Presupuesto del sistema receptor. 182
Tabla 61: Presupuesto de las infraestructuras auxiliares. 183
Tabla 62: Presupuesto de la mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha. 183
Tabla 63: Resumen del presupuesto. 183
Tabla 64: Apéndice: Hoja resumen del proyecto. 184
Tabla 65: Apéndice: Datos de la estación 184
Tabla 66: Apéndice: Datos del ingeniero. 184
Tabla 67: Apéndice: Ficha de características técnicas del proyecto. 184
Tabla 68: Apéndice: Diagrama de atenuación horizontal (dB). 185
Tabla 69: Apéndice: Diagrama de atenuación vertical (dB). 185
Tabla 70: Apéndice: Alturas efectivas radiales (m). 185

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

La forma en la que conocemos actualmente la televisión va a finalizar próximamente, debido a que las emisiones analógicas que nos han acompañado desde la invención de esta tecnología, será sustituida totalmente por una nueva forma de ver la televisión, la era digital.

La tecnología digital nos permitirá disfrutar de un mayor número de canales, de una mayor calidad de imagen y sonido y nos ofrecerá la posibilidad de interactuar con infinidad de servicios y a lo largo y ancho de todo el mundo desde nuestro televisor.

A continuación, nos podemos preguntar si estamos preparados para la llegada del "apagón analógico" previsto, de forma completa, para el 30 de abril de 2010.

Por una parte tenemos a los usuarios que son los beneficiarios de este cambio; podemos considerar que su adaptación a la nueva era es sencilla, debido a que con la simple adquisición de un decodificador y, en algunos casos una pequeña modificación de la instalación receptora de televisión, están totalmente preparados para recibir la Televisión Digital Terrestre (TDT).

La otra parte implicada serían el Estado, las operadoras de televisión y las empresas instaladoras de los equipos necesarios para la transmisión y recepción de las señales. En general y, tras el impulso dado en los últimos años tras un periodo no muy exitoso, se puede decir que están bastante preparadas para ofrecer los servicios que los usuarios demandan. Sin embargo, a pesar de las cifras que se ofrecen desde todos estos estamentos acerca de la cobertura existente de la TDT, los datos no son del todo ciertos, ya que éstos son referidos a la población total cubierta, pero no al territorio, donde quedan innumerables núcleos poblacionales carentes de recepción.

Afortunadamente, y para dar una solución a dicho problema han surgido unos micro-repetidores que permitirán de una forma económica y eficiente solventar dichas deficiencias.

1.2 Objetivos.

Los objetivos del proyecto son en primer lugar el estudio en profundidad de las características técnicas del servicio de Televisión Digital Terrestre para poder comprender de una forma más clara su funcionamiento. Además de estudiar el estándar empleado en Europa, se desarrollarán otros de los estándares presentes a nivel mundial para dar a conocer una visión más general de esta tecnología de reciente implantación.

Una vez estudiada la parte técnica del proyecto, el siguiente paso será aplicarlo a nivel nacional, mostrando los parámetros que se han seleccionado en nuestro país; así como dar una visión de los pasos que se han seguido hasta el "apagón analógico" y la situación que quedará posteriormente.

El siguiente objetivo será aplicar todo lo estudiado a un caso real. Se estimará la cobertura existente en todo el municipio de Lorca (Murcia). Se ha optado por dicho municipio, ya que es el más extenso de España y cuenta con una orografía muy variada, desde zonas costeras hasta zonas de montaña, pasando por extensas llanuras. Además cuenta con un gran número de pequeños núcleos de población que carecen de la infraestructura necesaria para recibir la señal de TDT.

Por lo tanto, el primer objetivo de esta etapa será estudiar la cobertura existente actualmente en todo el municipio, mediante la herramienta de predicción de cobertura *RadioEarth* y a través de mediciones "in situ" con medidores de campo.

Posteriormente, y una vez estudiadas las zonas carentes de cobertura, se colocarán los reemisores o *gap-fillers*, en las ubicaciones más apropiadas para que todas poblaciones de una determinada zona puedan recibir la señal TDT con la mayor calidad necesaria.

Con todo ello, se elaborará un proyecto técnico que recogerá todos los aspectos estudiados y se incluirá la mejor solución propuesta.

1.3 Herramientas utilizadas en el proyecto.

En este proyecto se ha utilizado fundamentalmente la herramienta de predicción de cobertura *RadioEarth* que ha sido desarrollada por el grupo de investigación SiCoMo de la Universidad Politécnica de Cartagena [1].

Esta herramienta permite calcular de una forma sencilla la cobertura existente en cualquier zona del planeta debido a que utiliza como sistema de información geográfica el programa *Google Earth*.

1.4 Estructura de la memoria del proyecto.

En el primer capítulo de este trabajo, se pone en antecedentes al lector sobre las líneas a seguir en el desarrollo de este trabajo; se exponen los objetivos a alcanzar con este proyecto, así como las herramientas utilizadas para ello.

En el segundo capítulo, se muestran los servicios de radiodifusión más importantes que existen en la actualidad, haciendo especial hincapié en la tecnología digital, especialmente en la televisión digital terrestre, la cual es el eje entorno al cual gira este proyecto.

La descripción de los estándares que componen el proyecto DVB, se lleva a cabo en la tercera sección de la memoria. En dicha sección se describen en profundidad los aspectos técnicos del sistema DVB-T, que es el empleo en la televisión digital terrestre en España.

El capítulo cuarto enumera la evolución que ha tenido la TDT en España, para posteriormente indagar en la situación actual presente en la Región de Murcia y en el municipio de Lorca, sobre el cual se va a aplicar de forma práctica todo lo estudiado.

Las pruebas realizadas que se han llevado a cabo para completar el proyecto técnico de TDT en el municipio de Lorca, se muestran en el capítulo cinco de la memoria; teniendo especial relevancia las pruebas de predicción de cobertura llevadas a cabo.

Las conclusiones finales del proyecto, así como las líneas de trabajo futuras que posteriormente pueden ampliar dicho estudio, están presentes en el sexto apartado de la memoria.

El capítulo séptimo, muestra el listado bibliográfico de referencias que ha servido de consulta para la realización del proyecto.

Por último, y como aplicación a todo lo estudiado, se incluye un anexo, que contiene un proyecto técnico de estación reemisora de TDT, aplicado a las zonas de sombra presente en el municipio de Lorca.

2. SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN.

La radiodifusión, tal y como la conocemos, se puede dividir en dos grandes grupos, radiodifusión analógica y radiodifusión digital. Antes de pasar a desarrollar los distintos puntos del proyecto, se va a presentar una comparativa entre estos dos sistemas, ya que la Televisión Digital Terrestre, como su propio nombre indica, se encuentra encuadrada dentro de la sección de radiodifusión digital.

2.1 Características técnicas de las señales de televisión analógica y televisión digital

Ambos sistemas emplean un ancho de banda de canal de 8 MHz para transmitirla información de imagen y sonido, sin embargo, las diferencias entre el sistema analógico y el digital son muy importantes:

- Los sistemas de TV analógica utilizan tres portadoras dentro de los 8 MHz de ancho de banda. Una portadora se emplea para la información de vídeo, otra para la del color y una tercera para el sonido.

- Los sistemas digitales transmiten las tres portadoras (video, color, audio), de forma conjunta sobre el ancho de banda disponible. Además, en estos sistemas la utilización de técnicas de compresión permite transmitir varios canales simultáneamente ocupando el mismo ancho de banda que un canal analógico.

- Por otro lado, consiguen una definición y calidad de imagen superior, son más resistentes a las interferencias, y por tanto, más fáciles de distribuir.

- La Figura 1 muestra un canal analógico junto a uno digital. En el canal analógico se aprecian claramente las tres portadoras con diferente nivel. En estos canales la separación entre portadoras de audio y vídeo es de 5,5 MHz lo que permite ciertas bandas de guarda para completar los 8 MHz de ancho de banda disponible. Estas bandas de guarda son mucho más pequeñas en la TV digital porque los canales digitales son mucho más resistentes a interferencias. Por lo tanto, cuando todos los canales sean digitales apenas se necesitarán bandas de separación.

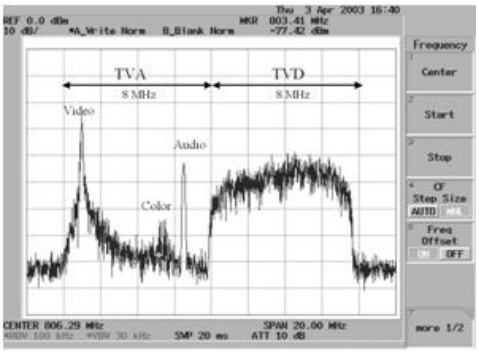


Figura 1: Comparativa de un canal analógico y un canal digital

En la Tabla 1 se resumen los parámetros técnicos más relevantes de ambos sistemas. De estos parámetros, es la intermodulación el que más impacto tiene en los sistemas de TV colectiva. En la citada tabla se puede apreciar como los sistemas de TV digital admiten una relación de intermodulación de hasta 30 dB, mientras que los de TV analógica requieren que ésta sea mejor de 54 dB.

Parámetro	Unidad	Valor
Nivel de señal en toma de usuario:		
TV-Analógica	dBµV	57-80
TV-Digital	dBµV	45-70
Relación portadora/ruido aleatorio		
C/N TV-Analógica	dB	≥43
C/N TV- Digital	dB	≥25
Relación de intermodulación:		
S/I TV-Analógica	dB	≥54
S/I TV- Digital	dB	≥30

Tabla 1: Parámetros más relevantes de los sistemas analógico y digital.

Por último, se muestran dos esquemas comparativos de ambas tecnologías, en el cual se puede observar que la principal diferencia entre ambos sistemas es la utilización de un módulo de compresión y multiplexión que agrupa las señales de vídeo, audio y datos antes de pasar al modulador digital correspondiente.

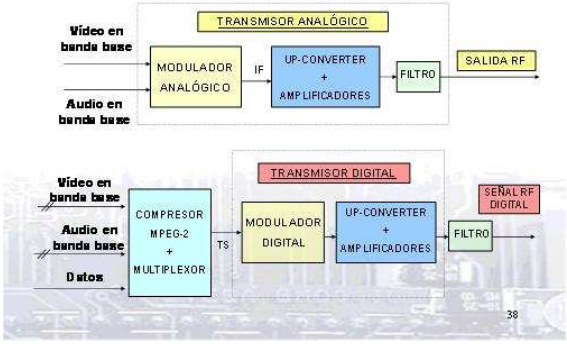


Figura 2: Esquema comparativo de la tecnología analógica y digital.

2.2 La Televisión Digital

La Televisión Digital es la difusión de las señales de TV 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 la Sociedad de la Información.

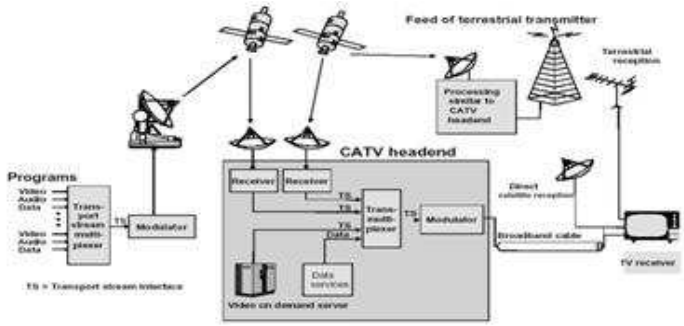


Figura 3: Red de televisión digital.

Actualmente, es posible acceder a la Televisión Digital mediante las siguientes tecnologías de acceso: Ondas Terrestres (TDT), Cable, Satélite y ADSL. Una tabla comparativa de los diferentes medios de transmisión digital y transmisión analógica, se muestra a continuación:

Medio	TV Analógica	Satélite	Cable	TDT	ADSL
Implantación	Fácil y rápida. Recepción por antenas convencionales. No requiere suscripción.	Requiere instalación de parabólica. Servicio de suscripción.	Requiere red de cable. Servicio de suscripción.	Fácil y rápida. Recepción por antenas convencionales. No requiere suscripción.	Requiere conexión ADSL con un proveedor que ofrezca este servicio.
Cobertura	Nacional, autonómica y local. Permite desconexiones territoriales	Nacional, continental y nacional.	Nacional, autonómica y local.	Nacional, autonómica y local. Permite desconexiones territoriales	Nacional, autonómica y local.
Ancho de Banda	Alto	Muy alto	Alto	Medio	Alto
Contenidos		No permite información local	Permite información local	Permite información local	Permite información local
Portabilidad	No permite portabilidad	Recepción Portátil/Móvil en función de la red de transmisión	No permite portabilidad	No permite portabilidad	No permite portabilidad
Canal de Retorno	No permite interactividad	Canal Telefónico (Módem)	Conexión coaxial	Canal telefónico o móvil	Canal ADSL
Otras ventajas	La calidad de la imagen depende de las condiciones meteorológicas y de recepción de la señal.	Acceso a canales extranjeros	Posibilidad de servicios adicionales de telefonía e Internet	Calidad óptima de la señal en condiciones precarias de recepción	No requiere instalación exterior

Tabla 2: Comparativa de la transmisión analógica y de las tecnologías digitales.

2.2.1 La Televisión Digital Terrestre

Antes de pasar a comentar los aspectos más técnicos referentes a los estándares utilizados para la implementación de la Televisión Digital Terrestre (TDT), se va a presentar una visión introductoria acerca de lo que se entiende coloquialmente como TDT así como sus ventajas e inconvenientes.

2.2.1.1 ¿Qué es la Televisión Digital Terrestre?

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es una tecnología que sustituye 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 convencional. Aplicando la tecnología digital se consiguen mayores posibilidades, como proveer de un mayor número de canales o una mejor calidad de imagen y sonido.

Existen diferentes estándares aplicables a la TDT dependiendo de la zona geográfica en la que nos encontremos, pero centrándonos en el entorno europeo, el estándar utilizado es el DVB-T *(Digital Video Broadcasting - Terrestrial)*, el cual se desarrollará en profundidad más adelante. Se puede adelantar que el estándar DVB-T forma parte de toda una familia de estándares de la industria europea para la transmisión de emisiones de televisión digital según diversas tecnologías: emisiones mediante la red de distribución terrestre de señal usada en la televisión analógica tradicional (DVB-T), emisiones desde satélites geoestacionarios (DVB-S), por redes de cable (DVB-C) e incluso para emisiones destinadas a dispositivos móviles con reducida capacidad de proceso y alimentados por baterías (DVB-H). Otra nueva modalidad es la TV por ADSL que también posee un nuevo estándar como es el DVB-IPTV y también la nueva modalidad de audio el DAB *(Digital Audio Broadcasting)*, utilizado para las nuevas emisoras de radio en formato digital.

2.2.1.2 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre.

Las emisiones de la tecnología digital en general, y de la TDT en particular, cuentan con numerosas e importantes ventajas frente a las actuales emisiones en analógico:

1. La calidad de las imágenes es comparable a la de un DVD y la señal es mucho más inmune a interferencias que la analógica, factor que es especialmente importante en áreas urbanas. También posibilita la transmisión en alta definición (HDTV).

2. La tecnología digital permite un mayor número de emisoras en el mismo espacio radioeléctrico, pues se pueden transmitir entre tres y cinco programas por cada canal UHF, llamado Múltiplex. Además, gracias al diseño de la red de distribución de señal es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales de guarda para reducir las interferencias.

3. Al tratarse de transmisiones de información digital es posible una gran flexibilidad en los contenidos emitidos, siendo posible mezclar un número arbitrario de canales de vídeo, audio y datos en una sola señal, lo que comúnmente se conoce como multiplexación.

4. Proporcionan la misma cobertura que la televisión analógica, pero con una menor potencia de emisión.

5. Posibilidad de utilizar redes de frecuencia única (SFN).

6. Posibilidad de recepción móvil, a través del estándar DVB-H.

7. Transmisión simultánea de datos auxiliares mediante el estándar *mhp*.

2.2.1.3 Inconvenientes de la Televisión Digital Terrestre.

Entre los inconvenientes que tiene la TDT, podemos citar:

1. La necesidad impuesta hasta ahora de adquirir un decodificador y modificar la instalación de recepción para poder ver la TDT. Esto va a dejar de ser voluntario en 2010 ya que a partir de ese momento cesarán las emisiones analógicas y sólo se podrán captar las emisiones de la TDT.

2. Uno de los inconvenientes más importantes de la TDT, es el llamado “Precipicio Digital”, es decir, las señales analógicas se pueden 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, esta tecnología no nos ofrece este tipo de "favores": existe un cambio muy rápido entre estar viendo una imagen perfecta y no ver absolutamente nada, análogamente al cambio de nivel que sucede en el borde de un precipicio, donde un paso significa estar en el suelo o caer al vacío.

3. Necesidad de elección de una antena muy selectiva.

4. Necesidad de reducir al máximo el ruido impulsivo.

5. Poca estabilidad de la señal recibida frente a la climatología, calor, viento, polvo. No todos los receptores funcionan igual ante estas condiciones de recepción.

6. No todos los Múltiplex llegan con la misma Señal/Calidad en el lado receptor.

7. No todos los Múltiplex salen con las mismas características en los casos en los que intervienen mas de un ente emisor, citase ejemplo Abertis y Axion utilizando de forma combinada los diferentes Múltiplex desde un mismo emisor “Radiales, estructura, equipos”.

2.2.1.4 Funcionamiento general de la Televisión Digital Terrestre.

Cómo una primera visión general del funcionamiento de la TDT podemos apuntar que el sonido y las imágenes de los radiodifusores se digitalizan y convierten en bits de información que posteriormente se transmiten a través del aire desde los centros emisores. Esta señal se recibe desde las antenas de nuestras viviendas para finalmente ser convertida de nuevo en sonido e imágenes por los sintonizadores TDT (descodificadores o televisores integrados) que debemos instalar en nuestras casas. En la siguiente figura se muestra un esquema de los principales procesos que se siguen para que se pueda disfrutar de los contenidos de la TDT:

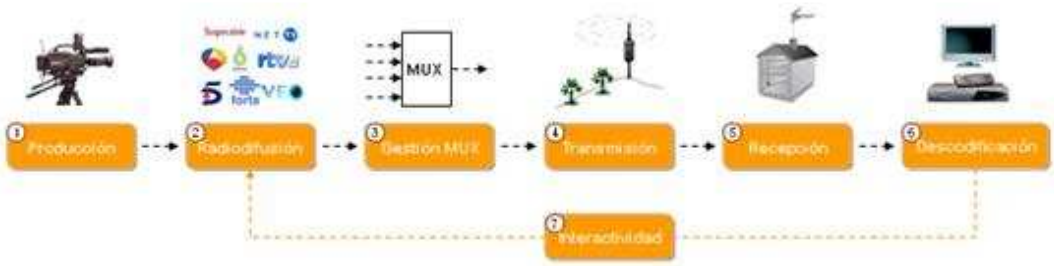


Figura 4: Esquema de procesos de una transmisión de TDT.

1. Producción: producción y post-producción de los contenidos audiovisuales.
2. Radiodifusión: empaquetado y emisión de los programas por los radiodifusores.
3. Gestión del MUX: combinación de los programas y servicios digitales en un canal múltiple.
4. Transmisión: distribución y difusión de la señal de TDT por el Operador de red.
5. Recepción: recepción de la señal a través de las antenas de viviendas individuales o colectivas.
6. Descodificación: descodificación de la señal y presentación de los contenidos en el televisor.
7. Interactividad: canal de retorno para la gestión de la interactividad.

3. EL SISTEMA DVB-T

Cuando se habla de TDT, se habla de radiodifusión digital utilizando las normas del *Digital Video Broadcasting* (DVB). En concreto, la norma empleada es la ETSI *EN 300744* [2], coloquialmente conocida como DVB-T.

Hoy en día el sistema DVB-T es muy popular, se halla en fase de implantación en muchos países y, según numerosos estudios, es una de las mejores alternativas para la televisión digital. Debido a ello, se ha considerado conveniente presentar algunos aspectos tanto de su estandarización, como de su implantación a nivel internacional. El capítulo desarrolla, con un carácter divulgativo, la parte teórica del proyecto y presenta aspectos técnicos del estándar DVB-T. Abarca desde una perspectiva muy general, hablando de la organización DVB y de los diversos tipos de estándares utilizados alrededor del mundo, hasta una perspectiva más detallada, centrándose en el estándar DVB-T, en el cual está basado el proyecto. Se informa al lector que, para completar la información de carácter divulgativo del capítulo, y para profundizar en las características técnicas de la capa física del estándar DVB-T, debe consultarse el la sección 3 de este capítulo. En él, se encuentra tanto la descripción del estándar *ETSI EN 300 744*, como las ventajas que aporta la modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) utilizada por el sistema. Cabe mencionar, debido a que se presentan a lo largo del capítulo una serie de fechas de implantación de los estándares, que este capítulo se ha redactado a finales del año 2008, y puede quedar desfasado en unos años. La temática del presente capítulo es la siguiente:

- En la primera sección, se habla del proyecto DVB.
- En la segunda sección, se explican los diversos estándares DVB existentes.
- Finalmente, en la sección tercera, se entra en detalle en el sistema DVB-T, el empleado en el desarrollo del proyecto, describiendo tanto sus características, como su situación a nivel nacional e internacional.

3.1 DVB Project

El estándar DVB-T forma parte de una gran familia de estándares publicados por el ETSI a partir de las especificaciones producidas por el *DVB Project*[3], que es una Alianza de empresas a nivel mundial cuyo objetivo es acordar especificaciones para los sistemas de transmisión digital de datos, incluida la radiodifusión.

A continuación se reseñarán brevemente los estándares desarrollados por el ETSI que implicados en el *DVB Project:*

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-C* para transmisión por cable se desarrolló en 1994. Se centra en el uso de la modulación 64 QAM, y en Europa puede, en caso necesario, transmitir un canal múltiplex completo de satélite en un canal de cable. La especificación DVB-CS describe una versión que puede ser utilizada para la antena de televisión por satélite. Este sistema es ampliamente utilizado en todo el mundo.

El sistema de televisión digital terrestre *DVB-T* es más complejo, porque inicialmente se tenía la intención de hacer frente a un ancho de banda y nivel de ruido diferente, y al fenómeno de propagación multicamino. El sistema tiene diversas posibilidades de transmisión, y el receptor tiene la obligación de adaptar su decodificación de acuerdo con la señal transmitida. El elemento clave es el uso de la modulación de tipo OFDM.

- **El futuro del DVB Project**

El desarrollo de las comunicaciones se dirige hacia una mayor convergencia entre diferentes sistemas de comunicación, radiodifusión y punto a punto. El proyecto ya ha acordado un número de sistemas IP y orientados a la convergencia, por ejemplo DVB sobre redes IP. El futuro reside en la perfecta interoperabilidad entre los sistemas de telefonía digital y de radiodifusión digital, y en los entornos de red *in-home* emergentes. El Proyecto DVB debería ser capaz de utilizar su organización para ayudar a crear un mundo interoperable para sistemas convergentes.

3.2 Estándares DVB

Tal como se comenta en el anterior punto, el DVB Project desarrolla los estándares que posteriormente publica el ETSI [4]. 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.

3.2.1 Estándares de transmisión

Los estándares de transmisión de DVB, con sus correspondientes documentos ETSI publicados, son los siguientes:

3.2.1.1 DVB-S:

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 (cable y radiodifusión terrestre), 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.

Para este estándar disponemos de los siguientes documentos ETSI:

- ***EN 300 421 V1.1.2:*** estructura de las tramas, codificación del canal y modulación de 11/12 GHz para servicios por satélite.

- ***TR 101 198 V1.1.1:*** implementación de la modulación BPSK para sistemas de transmisión satélite.

3.2.1.2 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 & 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.

Publicaciones ETSI:

- ***EN 302 307 V1.1.2:*** estructura de las tramas, codificación de canal y modulación de sistemas de segunda generación para radiodifusión, servicios interactivos, periodismo electrónico y otras aplicaciones satélites de banda ancha.

- ***TR 102 376 V1.1.1:*** guía de usuario de sistemas de segunda generación para radiodifusión, servicios interactivos, periodismo electrónico y otras aplicaciones satélite de banda ancha.

- ***TS 102 441 V1.1.1:*** adaptación de código y modulación para aplicaciones híbridas (vía satélite y telefónica) de banda ancha

3.2.1.3 DVB-C:

DVB-C se refiere a la *Digital Video Broadcasting - Cable*. Es válido para cualquier tipo de red de cable. Las características típicas de la transmisión por cable son la buena relación señal ruido, el pequeño espectro de frecuencias utilizable y rebotes y distorsión no lineal. La modulación seleccionada es la 64 QAM y el FEC (*Forward Error Correction*) es idéntico al del satélite.

Estándar europeo ETSI:

- ***EN 300 429 V1.2.1:*** estructura de las tramas, codificación de canal y modulación de sistemas de transmisión por cable.

3.2.1.4 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). Esta 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.

Documentos ETSI:

- ***EN 300 473 V1.1.2:*** Sistemas de distribución DVB *Satellite Master Antenna Television* (SMATV).

- ***TS 101 964 V1.1.1:*** Canal de control para sistemas de distribución SMATV / MATV; especificación base.

- ***TR 102 252 V1.1.1:*** Guía de usuario para el uso y la implementación del canal de control para sistemas de distribución SMATV / MATV.

3.2.1.5 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 DTTV-SA (*Digital Terrestial 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. La ETSI ha publicado la siguiente documentación:

- ***EN 300 744 V1.5.1:*** estructura de las tramas, codificación de canal y modulación para televisión digital terrestre (capa física).

- ***TR 101 190 V1.2.1:*** guía de implementación para servicios DVB-T; aspectos de transmisión.

- ***TS 101 191 V1.4.1:*** Mega-frame para sincronización SFN (*Single Frequency Network*).

3.2.1.6 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. Documentación:

- ***EN 302 304 V1.1.1:*** sistema de transmisión para terminales portátiles (*handheld*).

- ***TR 102 377 V1.2.1:*** guía de implementación para servicios DVB-H.

- ***DVB BlueBook A092r2:*** guía de implementación para servicios DVB-H (borrador de TR 102 377)

- ***TR 102 401 V1.1.1:*** Informe de validación DVB-H del grupo de refuerzo de tareas.

Todos los estándares nombrados se pueden descargar de la web oficial del ETSI.

3.3 DVB-T

Después de presentar el conjunto de estándares relacionados con el que se trata en este proyecto, el estándar DVB-T, a continuación se analizan en detalle sus características, su implementación alrededor del mundo y el presente y futuro del estándar.

3.3.1 Introducción al sistema 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 trasmitirlos 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 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 Figura 5 se puede observar el modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), con los 7 niveles existentes.

Figura 5: Modelo de comunicaciones OSI

3.3.2 Características del DVB-T

Se pueden encontrar todas las características completas del sistema DVB-T en su lista de estándares, publicados por la ETSI. Estos definen tanto las especificaciones del sistema de referencia en banda base (*Baseline System*), como la información de servicio (*SI*). También se pueden estudiar los documentos que se presentan como una guía de usuario para la implementación del sistema. Estos últimos se pueden separar en aspectos de transmisión e implementación del MPEG-2. En el resto de este capítulo se presenta un resumen de cada uno de ellos, para un estudio completo se recomiendan las referencias [2], [5], [6], [7], [8] y [9].

Antes de pasar a explicar las especificaciones del estándar DVB-T, se van a explicar diversas características técnicas de este sistema que posteriormente facilitarán la comprensión de todo lo estudiado.

3.3.2.1 Características técnicas de la TDT.

3.3.2.1.1 Modulación Multiportadora ODFM.

Para reducir los efectos del canal de radio en TDT, se utiliza modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) que es una técnica de modulación multiportadora donde una señal digital de entrada se divide en N flujos de baja velocidad que modulan a varias subportadoras. (Figura 6)

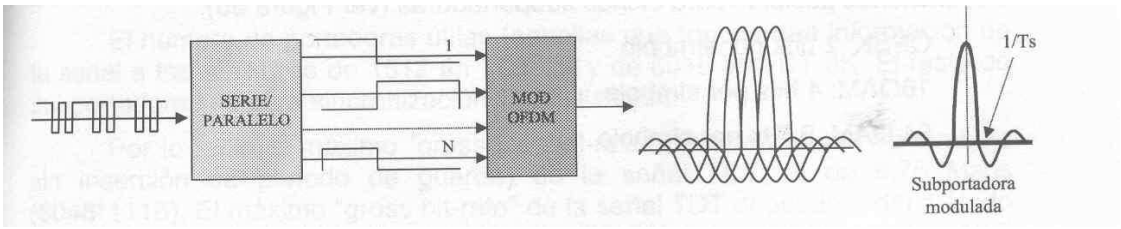


Figura 6: Fundamentos del OFDM.

La duración de los símbolos de baja velocidad se escoge de forma que supere al tiempo de dispersión del canal (incluido el último eco). Además cada subportadora modulada tiene un cero espectral a la frecuencia de la subportadora adyacente (son ortogonales). Para conseguirlo es necesario que la separación de frecuencias de las subportadoras sea exactamente igual al inverso de la duración de los símbolos de baja velocidad.

Si se elige en OFDM un número elevado de subportadoras, el tiempo de símbolo de cada señal modulada es siempre muy superior al retardo de eco y, por lo tanto, cada una de las subportadoras se verá afectada por *fading* plano. Este hecho, junto con la ortogonalidad de las portadoras (no son afectadas por la presencia de las demás) permite

su demodulación de manera individual con calidad. Se minimiza el problema del eco reduciéndolo a un problema de interferencia entre símbolos (ISI) limitada.

Por otro lado, si el número de subportadoras es bajo, el retardo del eco es relativamente superior, las señales se ven afectadas por *fading* selectivo y son difíciles de demodular debido al efecto altamente intereferente (incluso con altos niveles de señal).

Como se observa en la figura anterior, cada subportadora es modulada por los datos de salida del conversor serie-paralelo. DVB-T define tres tipos de modulaciones posibles para dichas subportadoras: QPSK (2 bits por símbolo), 16QAM (4 bits por símbolo), 64QAM (6 bits por símbolo).

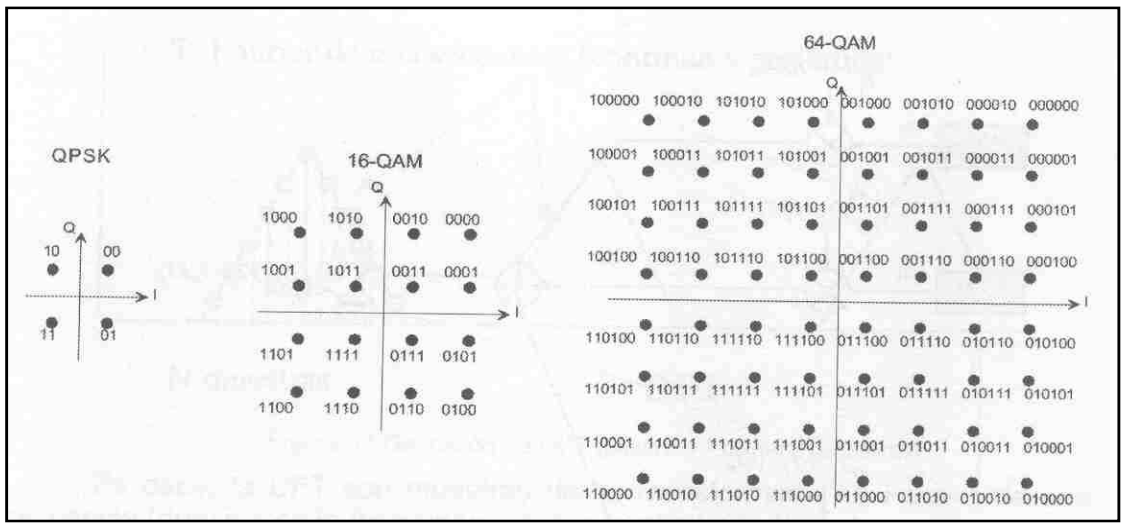


Figura 7: Modulación de subportadoras.

Además, el estándar DVB-T permite dos posibles valores para el número de subportadoras:

- TDT 2K: 1705 subportadoras separadas 4,464KHz (2048 portadoras teóricas) (*)
- TDT 8K: 6817 subportadoras separadas 1,116KHz (8192 portadoras teóricas) (*)

(*) Las subportadoras sobrantes no existen (coeficientes nulos).

La separación de frecuencias de las subportadoras es exactamente el inverso de la duración de los símbolos de baja velocidad que las modulan para que la señal sea ortogonal. Por lo tanto, cada subportadora TDT 8K puede transportar hasta 1116 Ksps (bruto) y su capacidad es ¼ de la capacidad de una subportadora de un sistema TDT 2K.

El número de portadoras útiles (aquellas que transportan información de la señal a transmitir) es de 1512 en TDT 2K y de 6048 en TDT 8K. El resto de subportadoras es para sincronización y señalización. Por lo tanto, el máximo *"gross symbol-rate"*

(velocidad bruta de símbolo sin inserción de periodo de guarda) de la señal TDT es de Msps (6048*1116). El máximo *"gross bit-rate"* de la señal TDT dependerá del método de modulación de subportadora empleado.

3.3.2.1.2 Intervalos de guarda.

Para minimizar problemas de interferencia intersímbolo provocadas por los ecos, se introduce un intervalo de guarda adicional al comienzo de cada símbolo OFDM. Esto significa que cada símbolo se transmite durante total más largo que su periodo útil.

En recepción, el periodo de integración para recuperar la señal, comenzará un cierto tiempo después (intervalo de guarda) de que se produzca un cambio de símbolo en la señal recibida principal. El periodo de integración se extenderá durante el periodo de tiempo denominado útil.

Dado que la interferencia intersímbolo 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" procedente de transmitir la misma señal desde dos transmisores lejanos como sucede en las Redes de Frecuencia Única (SFN).

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 3 muestra los valores normalizados por DVB-T.

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

Tabla 3: Intervalos de guarda DVB-T.

3.3.2.1.3 Codificación de canal.

La codificación de canal añade flujos de 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 conocida como CODFM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

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

a) En un código de bloques a cada bloque de bits de información se le añade un bloque de bits de redundancia. Ej.: paridad, CRC, *Reed-Solomon*,…

b) 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 (*bit-rate*) 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.

3.3.2.1.4 Modulación jerárquica.

Existen dos tipos de modulación, la modulación "no jerárquica" y la modulación jerárquica.

En la modulación no jerárquica, todos los bits del múltiple de transporte TS-MPEG-2, cuya explicación se verá en los apartados siguientes, se procesan de la misma forma. Se pueden transmitir varios programas simultáneamente, pero todos con las mismas características de robustez frente al canal radio. En recepción, al disminuir la SNR, la señal pasa de una demodulación aceptable a una pérdida abrupta de servicio ("Cliff effect" o efecto acantilado).

Existe otra técnica de modulación denominada jerárquica que consiste en tener dos caminos para la información, uno con codificación y modulación más robusto (y menor tasa de bit) y otro con mayor tasa de bit pero menos robustez. La modulación jerárquica evita el efecto acantilado y permite una degradación paulatina de la señal demodulada (en línea con la reducción del valor del campo recibido).

Los datos a transmitir se dividen en dos flujos (*splitter*) y son procesados de formas diferentes. El flujo HP (*high priority*) tendrá bajo *bit-rate* y alta protección contra errores, y el flujo LP (*low priority*) tendrá alto *bit-rate* y baja protección contra errores.

Los datos de alta prioridad podrán ser recibidos en posiciones alejadas del transmisor donde la relación señal a ruido es baja, mientras que los datos de baja prioridad van destinados a las zonas más cercanas donde la relación señal a ruido es superior.

Para conseguir este efecto la formación de la constelación (*mapper*) debe realizarse de forma especial. El flujo HP define el cuadrante (modulación QPSK) y el flujo LP define

la localización de cada punto en la constelación dentro den cuadrante (16QAM ó 64QAM). Es evidente que el flujo HP con modulación QPSK viaja más protegido que el flujo LP.

La transmisión jerárquica puede usarse con modulación uniforme y permite la recepción del flujo de alta prioridad en condiciones de relación C/N en el que el segundo flujo no puede recibirse bien. El flujo HP solo se ve afectado por errores que supongan un cambio de cuadrante, que son solo un subconjunto reducido del total de los errores.

Este efecto se puede enfatizar mediante el uso de modulación no uniforme separando los símbolos de los ejes. El estándar DVB-T especifica tres jerarquías de modulación mediante un parámetro "α" que define la relación entre la distancia de dos puntos vecinos del mismo cuadrante. El valor de "α" puede ser 1 (modulación uniforme), 2 ó 4.

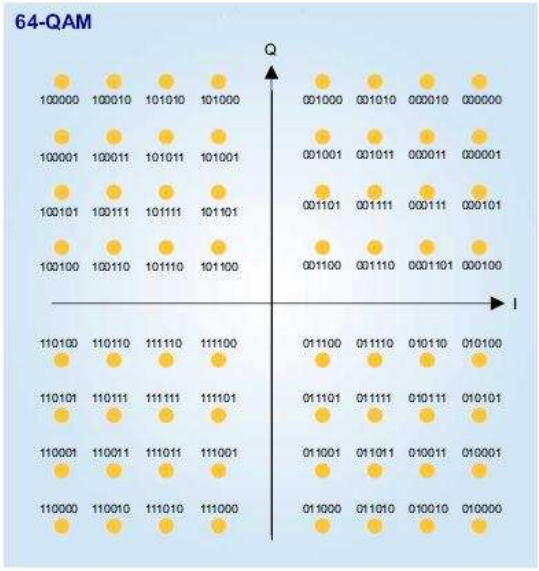


Figura 8: Modulación jerárquica no uniforme, con α =2.

La modulación no uniforme potencia la protección del flujo de lata prioridad, pero perjudica la recepción del segundo flujo, ya que, para potencia recibida constante, dentro de cada cuadrante los símbolos están más cercanos entre sí.

En modulación jerárquica existen dos posibilidades de emisión:

- *Simulcast:* un mismo programa se divide en una versión de bajo *bit-rate* y alta robustez, y otra versión con características opuestas. El mismo programa se emite por los dos flujos (HP/LP).

- *Multicast:* dos programas diferentes con diferente robustez.

El receptor seleccionará el canal LP o HP adecuado. El receptor no duplica la circuitería pero debe ser capaz de hacer el *de-mapper* para uno de los dos canales del transmisor.

En condiciones de transmisión malas el receptor puede escoger degradar la calidad, pero mantener el servicio.

Conviene clarificar que la modulación jerárquica uniforme (α =1) transmite dos flujos de datos con distinta prioridad y, por lo tanto, no es equivalente a una modulación no jerárquica (donde sólo hay un flujo de datos).

3.3.2.2 Especificaciones

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.

3.3.2.2.1 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[5], 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.

Los datos SI para configuración automática están principalmente especificados en la norma ISO / IEC 13818, como la Información Específica de Programa (PSI). En el documento se especifican otros datos que complementan la PSI, suministrando datos para ayudar al ajuste automático de IRDs, e información adicional destinada a mostrar al usuario. La forma de presentación de la información no está especificada en el documento, y los fabricantes de IRDs tienen libertad para elegir los métodos adecuados de presentación. Se espera que las guías electrónicas de programas (EPG) sean una característica de las transmisiones de TV digital. Los datos que figuran dentro de la SI pueden utilizarse como base para una EPG.

En la Figura 9 se muestra un esquema de la codificación de fuente. El vídeo y audio comprimido, y las tramas de datos se multiplexan en tramas de programas (*PS, Programme Streams),* que se unen a su vez en el múltiplex de transporte para formar MPEG-2 TS (flujo de transporte MPEG-2). Ésta es la trama básica transmitida, y se recibe con el STB (*Set Top Box*). Este flujo es en el que viajarán un determinado número de canales de TV, de radio y servicios interactivos de forma simultánea. Además, también viaja información de señalización tal como horarios de programación o tipo de programa en emisión actual.

Figura 9: Codificación de la fuente y multiplexado MPEG-2.

Una vez que el receptor está recibiendo un flujo TS sólo queda seleccionar un servicio en concreto, esto se realiza mediante el PID (*Packet ID*). El PID identifica un servicio dentro de un conjunto del flujo. Las reglas para la implementación de la codificación de fuente se especifican en el informe técnico *ETSI TR 101211*[9].

3.3.2.2.2 Estándar ETSI EN 300 744

En este apartado se presenta el estándar de la capa física del sistema DVB-T, estándar *ETSI EN 300 744*[2]. 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.

El foco de estudio es el siguiente:

- Descripción general del sistema de referencia en banda base de televisión digital terrestre.

- Identifica los requisitos de realización global y las características del sistema de referencia en banda base, con el fin de satisfacer los objetivos de calidad del servicio.

- Especifica la señal modulada digitalmente con el fin de permitir la compatibilidad entre las piezas de equipos desarrollados por diferentes fabricantes. Esto se logra mediante la descripción detallada del procesado de señal en el modulador, mientras que el procesado en el receptor se deja abierto a la implementación de soluciones diferentes.

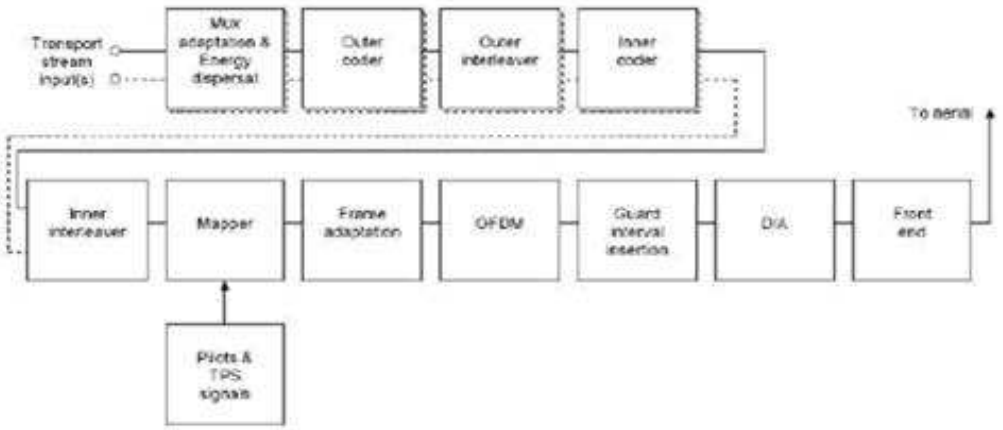


Figura 10: Adaptador de canal terrestre.

En la Figura 10 se puede ver el diagrama de bloques del sistema DVB-T. Dichos bloques conforman la codificación de canal y el esquema de modulación empleados por el sistema. La codificación de canal, tal y como hemos visto, es la secuencia de operaciones mediante la cual se añade suficiente redundancia y protección a la señal para hacerla más robusta con vistas a poder corregir los errores (*Forward Error Correction*-FEC) después de pasar por el canal de transmisión. Por otra parte, el esquema de modulación usado en la transmisión es del tipo 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*). El estándar de la capa física del sistema DVB-T es muy flexible, disponiéndose de una serie de opciones, tal y como se ha comentado anteriormente:

- Modos de transmisión: 2k (1.705 portadoras por símbolo OFDM); 8k (6.817 portadoras por símbolo OFDM)

- Esquemas de modulación: QPSK; 16-QAM; 64-QAM uniformes y no uniformes (parámetro de modulación α diferente de 1)

- Tasa de codificación para protección interna de errores: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 ó 7/8.

- Longitudes para el intervalo de guarda: 1/4, 1/8, 1/16 ó 1/32

- Modulación y codificación de canal jerárquica o no jerárquica

Sin embargo, no siempre podrán tomarse todos los valores, pues existen diferentes restricciones en cada uno, Habrá que seleccionar, teniendo en cuenta las variaciones que se producen en la cobertura, la capacidad y la configuración de red. Asimismo, se puede aseverar que no hay una configuración óptima para todas las situaciones.

Adelantando lo que se va a explicar en el próximo capítulo, en España existe la limitación impuesta por el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital de 2005, que obliga a utilizar el modo (K, por lo que en España no pueden instalarse redes que utilicen el modo 2K ni el recientemente introducido modo 4K. 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 µs: con el modo 8K el espectro de un canal se cubre con 8192 subportadoras (teóricamente), por lo que la separación entre portadoras es de 1116Hz. 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 =1/1,116KHz = 896 µs.

- El tiempo de guarda, $T_{g,}$ variará entre 28 y 224 µs, que corresponden a los periodos de guarda de ¼ 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 µs·3·10^8 m/s = 8,4Km y 224 µs·3·10^8 m/s = 67,2 Km).

Ha de quedar claro que el modo de transmisión no influye en la capacidad binaria ni en los niveles de señal necesarios para la recepción.

La elección del parámetro T_g vendrá condicionada por el tipo de red que se desea implementar, las cuales veremos más adelante, pero se puede adelantar que:

- Las redes multifrecuencia (MFN) utilizan frecuencias diferentes en cada transmisor, para ofrecer el mismo conjunto de programas. Puede estar complementada por una red SFN de ámbito reducido (local) alrededor de cada transmisor MFN.

- Las redes de frecuencia única (SFN) utilizan la misma frecuencia en todos sus transmisores. Éstas pueden ser:

    - De gran área o regional: con gran separación entre transmisores.
    - Red SFN densa alrededor de un transmisor de una red MFN, con ámbito local.
    - *Gap-fillers* que complementan la cobertura de un determinado transmisor, y que en relación a él operan en SFN.

La operación como red multifrecuencia no afecta a la elección del tiempo de guarda. Con el valor más pequeño es suficiente para compensar el multitrayecto natural. Sí lo hace la operación en red SFN, pues el tiempo de guarda tiene que aportar protección frente a la interferencia propia de la red. Esta interferencia aparece en las redes SFN, y es debida a la recepción de señales en el mismo canal de radiofrecuencia y con la misma información, que proceden de diferentes transmisores de la red.

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. Existe una zona de transición gradual, en que la interferencia es parcialmente constructiva y destructiva, pero cuando el retardo supera de forma significativa el tiempo de guarda puede considerarse que toda la interferencia es destructiva.

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 µs (1/32)→Distancia< 8,4Km.
    - T_g = 56 µs (1/16)→Distancia< 16,8Km.
    - T_g = 112 µs (1/8)→Distancia< 33,6Km.
    - T_g = 224 µs (1/4)→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 8K:

- T_g = 28 µs (1/32)→ T_s = 924 µs → R_s = 1082 simb/s.
- T_g = 56 µs (1/16)→ T_s = 952 µs → R_s = 1050 simb/s.
- T_g = 112 µs (1/8)→ T_s = 1064 µs → R_s = 940 simb/s.
- T_g = 224 µs (1/4)→ T_s = 1120 µs → R_s = 892 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.

En conclusión, para dar mayor cobertura, el tiempo de guarda ha de ser mayor ("señal más robusta llega más lejos"), pero para dar más capacidad, el tiempo de guarda ha de ser más pequeño, pues su tamaño hace disminuir el tiempo útil del símbolo. Éste es un compromiso que habrá que cuidar siempre en toda planificación.

Existe otro parámetro de diseño que condiciona la configuración de los valores: el tipo de recepción. La recepción puede ser fija, portátil en interiores, portátil en exteriores o incluso móvil. El modo 8K, en principio no soporta la movilidad completa (vehicular).

Como se vio, dado que la señal OFDM es sensible al multitrayecto, se le añade codificación de canal, de bloque y convolucional. El código de bloque es fijo, de tasa 204/188, mientras que la tasa del código convolucional puede escogerse entre 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8. Los criterios de elección suelen ser los siguientes:

- En recepción fija, el canal es de tipo *Rice*, con una señal directa dominante y una distorsión multitrayecto moderada, por lo que puede ser adecuado 2/3 ó 3/4.
- En recepción portátil o móvil es preferible 1/2 o 2/3, dado que el canal tiene una distorsión multitrayecto mucho más fuerte; típicamente se caracteriza mediante una distribución *Rayleigh*.

Debe tenerse en cuenta que la capacidad binaria de transmisión es directamente proporcional a la tasa del código convolucional elegido, por lo que, a menor tasa, menor es la capacidad binaria de transmisión.

El último parámetro configurable es el tipo de modulación de las subportadoras, QPSK, 16QAM ó 64QAM. Para cada una de estas modulaciones, el número de bits por portadora, de dentro de un símbolo es de 2,4 ó 6, respectivamente. En el modo 8K se tienen 6048 portadoras útiles, por lo que es inmediato calcular el número de bits por símbolo. La tasa de bit sería $R_{bruto} = R_s \cdot X \cdot 6048$, donde X, puede valer 2, 4 ó 6.

El anterior valor es la tasa binaria bruta. Se utilizarán los factores 2, 4 ó 6, según la modulación sea QPSK, 16QAM ó 64QAM. El flujo neto está afectado por la tasa del código de bloque (188/204) y la del convolucional. Si R_c es la tasa de éste último, el régimen binario útil se puede escribir como:

$R_b = R_s .X. 6048 \cdot (188/204) \cdot R_c = 1/ (T_u + T_g) \cdot X \cdot 6048 \cdot (188/204) \cdot R_c$, X=2,4,6.

En función del tipo de modulación elegido, la capacidad binaria resultante varía en un rango muy amplio, siendo el triple para 64QAM que para QPSK, con la misma tasa de codificación. Si se tiene en cuenta también la variedad de códigos convolucionales que pueden utilizarse, la relación entre la capacidad mínima y la máxima es de casi seis veces. Sin embargo, no todas las combinaciones tienen sentido, ya que las modulaciones más eficientes espectralmente necesitan mayor protección, es decir, una tasa del código convolucional más baja, ya que la señal es más sensible frente a las perturbaciones.

Por lo general se procurará primar la capacidad binaria, es decir, utilizar 64QAM, aunque eso supone obtener coberturas menos extensas que con 16QAM ó QPSK. Sin embargo, puede haber circunstancias en que sea preferible 16QAM con una tasa más alta de codificación en lugar de 64QAM con una tasa más baja.

3.3.2.3 Implementación

A continuación se estudian las guías de usuario para la implementación de sistemas DVB-T. Primero, se presentan detallados los aspectos de transmisión a tener en cuenta para el correcto despliegue del sistema y, más tarde, el modo de implementar la señal MPEG-2.

3.3.2.3.1 Aspectos de transmisión del sistema DVB-T

La ETSI publicó el documento *ETSI TR 101 190*[7] para ayudar al correcto despliegue del sistema DVB-T dependiendo del entorno y otros aspectos diversos. El documento ofrece las primeras directrices para la implementación de las redes de transmisión del DVB-T.

Su principal intención es ser una guía para los aspectos de transmisión, mientras que los aspectos del receptor no han sido tratados. Incluye una descripción general de topologías de red para Redes de Frecuencia Única (SFN) y Múltiple (MFN), las posibilidades y limitaciones compartiendo lugares de transmisión con televisión analógica y un resumen de parámetros de planificación. La distribución de señales a SFNs se trata a fin de dar directrices para las limitaciones particulares que la estructura de esta red implica a la distribución de señales.

3.3.2.3.1.1MPEG-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 rango 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. Las mejoras en la codificación MPEG reducirán en los próximos años estos valores en un 10%.

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 Mbits, 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 múltiplex 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.

3.3.2.3.2.2 Implementación del MPEG-2

A continuación se ofrece el enfoque de la guía para la implementación del MPEG-2 y de la "Información del servicio". Para un estudio detallado se recomienda consultar las referencias [8] y [9].

- ***Sistemas MPEG-2***

La guía para la implementación de los sistemas MPEG-2 presenta directrices para la codificación y decodificación usando la "Capa de Sistema" MPEG-2, codificación de vídeo y audio definidas en ISO/IEC 13818. Las directrices presentadas en *ETSI TR 101 154*[8] para IRDs están destinadas a representar una mínima funcionalidad que todos los IRDs de una clase particular están obligados a cumplir o superar. Es necesario especificar el mínimo de funcionalidad de un IRD para los parámetros básicos. Los IRDs se clasifican en tres dimensiones del siguiente modo:

- ”25 Hz” o “30 Hz”, dependiendo de si las tasas de transmisión de las tramas de vídeo basadas en 25 ó 30 Hz son soportadas. Hay IRDs que soportan ambas tasas de transmisión.

- ”SDTV” o “HDTV”, definición estándar o alta definición. Si son capaces de decodificar alta definición, también lo son de decodificar definición estándar.

- ”Con interfaz digital” o “*baseline*”, dependiendo de si están o no destinados a ser utilizados con un dispositivo de almacenamiento, como una grabadora digital. Las capacidades de un IRD “*baseline*” son un subconjunto de las de un IRD con interfaz digital.

Para dar una definición completa de un IRD, las tres dimensiones deben ser especificadas, por ejemplo, IRD 25 Hz SDTV *“baseline”*. Cabe señalar que en los sistemas DVB el formato de la imagen de origen, el formato de imagen codificada y el formato de imagen de visualización no deben ser idénticos. Por ejemplo, puede difundirse material HDTV como SDTV. El IRD al recibir la imagen, podrá convertir la imagen descodificada a HDTV para su visualización en la TV de Alta Definición. Con la conversión adecuada, la calidad de la imagen de alta definición resultante puede ser muy similar a la de la fuente original. Otra característica notable es que una sola TS puede contener programas destinados para más de un tipo de IRD.

- ***Información del servicio***

El documento que explica como implementar la “Información del Servicio” (SI) es el *ETSI TR 101 211*[9]. Estas directrices están destinadas a ser normas altamente recomendadas para el uso de la sintaxis DVB SI, que se especifica en *ETSI EN 300 468*. Como tales, facilitan la eficiente y fiable implementación de la interacción básica por parte del usuario en el IRD. Las normas se aplican a los organismos de radiodifusión, los operadores de redes así como los fabricantes. La especificación de estas funciones no prohíbe a los fabricantes de IRDs incluir características adicionales. Las directrices no se refieren a características relacionadas con la interfaz de usuario o con EPG, esas cuestiones quedan al arbitrio del mercado.

3.3.3 La red de difusión en la TDT

La red de difusión suele estar configurada a tres niveles:

a. **Red principal de emisores:**

- Reciben la señal directamente de la cabecera mediante enlaces específicos.
- Potencia alta/media.
- Cubren grandes superficies.
- Áreas de alta densidad de población.

b. **Red de reemisores:**

- Repiten la señal que reciben de la red principal.
- Potencia media/baja.
- Cubren superficies intermedias.
- Áreas de menor densidad de población

c. **Red de micro-reemisores (*Gap-fillers*):**

- Repiten la señal que reciben de la red principal/remisores, para cubrir pequeñas zonas de sombra.
- Baja potencia.
- Cubren superficies pequeñas.
- Áreas de baja densidad de población.

Por otra parte, existen dos redes principales de difusión de la TDT, las redes de frecuencia única (SFN) y las redes multifrecuencia (MFN), las cuales se desarrollarán a continuación.

3.3.3.1 Redes SFN

Las redes SFN (*Single Frequency Networks* ó Redes de Frecuencia Única), tienen las siguientes características:

- Exigen que todos sus transmisores:
    - Radien la misma frecuencia (Diferencia máxima de 1,1Hz en sistemas 8k).
    - Emitan la misma información y al mismo tiempo (retardo máximo de ±1us).
- Para ello:

- Necesitan implantar un “Adaptador SFN” a la salida de la cabecera, y tanto éste como todos los transmisores deben estar referenciados a las señales de 1pps y de 10MHz obtenidas de receptores GPS.

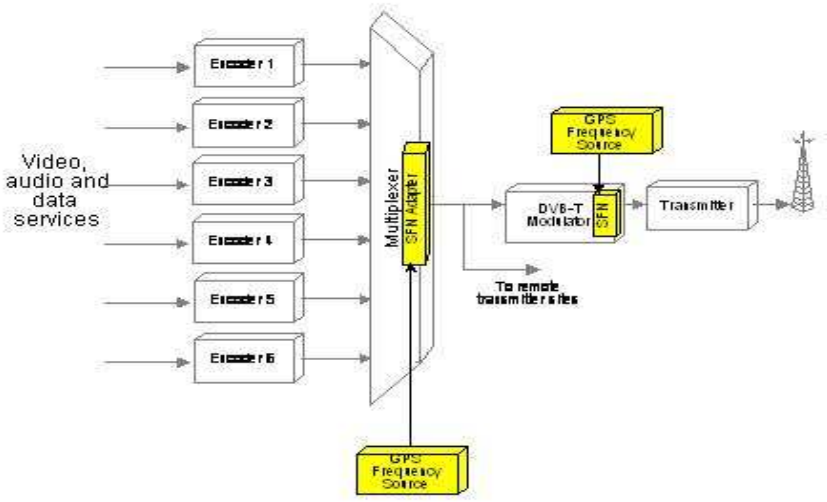


Figura 11: Ejemplo de red SFN.

- La separación máxima entre transmisores está relacionada con el intervalo de guarda usado (67Km para Δ/Tu = ¼ en modo 8k). La señal del transmisor en el mismo 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.

- En general, el alcance de cada transmisor no debe rebasar los emplazamientos de los demás para no agotar el intervalo de guarda en algunas zonas de solape, no favorecer la aparición de preecos, etc.

- No se pueden efectuar desconexiones, al ser común la programación.

- Es requisito encontrar un canal libre y no interferente en todo el país (para cobertura nacional). Suele implicar ir a zonas UHF de alta frecuencia. El ahorro de espectro por utilizar un único canal para la cobertura de una zona grande es una opción por la que se elige este tipo de redes.

- La potencia total instalada puede ser menor que en redes MFN para coberturas equivalentes.

- Pueden emplearse *Gap-Fillers* para cubrir zonas de sombra.

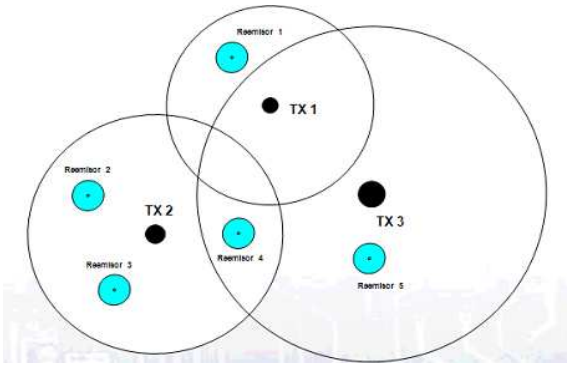


Figura 12: Red SFN con *gap-fillers.*

3.3.3.2 Redes MFN

Las redes MFN (*Multiple Frequency Networks* ó Redes de Frecuencia Múltiple), tienen las siguientes características:

- Utilizan transmisores con frecuencias de emisión diferentes.
- La planificación del área de cobertura es similar a la de la TV analógica, pero con diferentes valores de campo y mayor margen de seguridad.
- Los programas emitidos pueden ser iguales o no.
- Cuando varios transmisores compartan el mismo TS se puede re-multiplexar este TS en alguno de ellos para incorporar programas locales.
- Pueden solaparse las emisiones procedentes de distintos transmisores (emitiendo en canales diferentes) sin que haya interferencias entre ellos.
- Podría centralizarse la generación de la señal COFDM para distribuirla hacia los transmisores que radien la misma programación (ahorro de moduladores).
- En la zona de influencia de cada transmisor pueden instalarse *Gap-Fillers* (reemisores con frecuencia de emisión igual a la de recepción) para cubrir áreas de sombra, al igual que en el caso de las redes SFN.

3.3.4 Despliegue del DVB-T y alternativas a nivel mundial

El sistema DVB no es el único estándar de televisión digital, puesto que existen otras familias de estándares actualmente. Tres normas son las mayoritarias: el sistema europeo DVB, el estadounidense ATSC y el sistema japonés ISDB. Cada una de ellas tiene su propio estándar de televisión digital terrestre. Además, en China se ha desarrollado la familia DMB.

En la Figura 10 se puede observar el uso de los diferentes sistemas existentes de televisión digital terrestre alrededor del mundo.

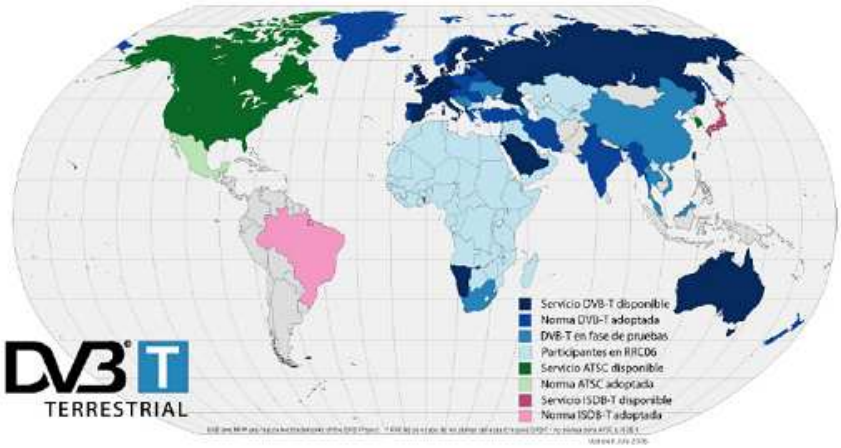


Figura 13: Sistemas de TDT a nivel mundial.

En cuanto al despliegue del sistema DVB-T, en la Figura 11 se observa un mapa de Europa dónde aparecen los países que han lanzado ya la emisión de la televisión digital terrestre con el sistema DVB-T en color lila. En color gris aparecen los países que han seleccionado el estándar DVB-T, pero aún no lo han lanzado.

Figura 14: Mapa europeo del despliegue del DVB-T del año 2007.

3.3.4.1 Sistemas de televisión digital terrestre

En este apartado se presentan las alternativas al sistema DVB-T a nivel mundial. La tecnología usada es ATSC en Norte América, ISDB-T en Japón, DVB-T en Europa y Australia, y DTMB en China (incluyendo Hong Kong). El resto del mundo se mantiene indeciso.

3.3.4.1.1 ATSC DTV

El ATSC DTV [10][11] ha sido desarrollado por el ATSC (*Advanced Television Systems Committee)*, que es una organización internacional sin ánimo de lucro en el desarrollo de normas voluntarias para la televisión digital.

El modulador del sistema ATSC DTV, de manera similar a los otros estándares, cumple dos funciones esenciales: primero, realizar la codificación de canal y segundo, la modulación propiamente dicha. La señal de salida del modulador pasa a un conversor ascendente que la traslada a la frecuencia del canal de RF. abe mencionar que se desarrolló inicialmente sólo para transmisión terrestre y recepción con equipos fijos, si bien en estos últimos años se viene trabajando en estándares para satélite y recepción terrestre con equipos móviles. El sistema de transmisión por satélite no se utiliza en Norte América puesto que llevan varios años utilizando el sistema DVB-S. Los estándares de ATSC DTV incluyen la televisión de alta definición (HDTV), televisión de definición estándar (SDTV), radiodifusión de datos, audio multicanal de sonido envolvente, y televisión interactiva.

3.3.4.1.2 ISDB-T

La Transmisión Digital de Servicios Integrados (*Integrated Services Digital Broadcasting*-ISDB) es el formato de televisión y radio digital que Japón ha desarrollado. Los estándares se pueden obtener gratuitamente a través de la web de la organización japonesa DIBEG [12] y en ARIB [13]. En cuanto a la Radiodifusión Digital, el ARIB ha creado 3 estándares para su funcionamiento en Japón: El ISDB-T (televisión digital terrestre), ISDB-S (televisión digital satelital) e ISDB-C (televisión digital por cable). 1seg es el nombre de unos servicios ISDB-T para la recepción de ese tipo de señales en móviles, portátiles y vehículos. También disponen de especificaciones para difusión en la banda móvil *2.6 GHz band mobile broadcasting.* Los estándares de ISDB-T, al igual que ATSC DTV, incluyen la televisión de alta definición (HDTV).

3.3.4.1.3 DTMB (Digital Terrestrial/Television Multimedia Broadcasting)

Desarrollado en la República Popular China. El estándar es capaz de transmitir señales aceptables de alta definición a un receptor móvil con una velocidad de 200 km/h. El estándar también soporta el servicio en terminales portátiles, cosa que no ocurre con DVB-T ni ATSC. Además, el radio de cobertura es 10 km más grande que el europeo con DVB-T.

3.3.4.2 Comparativa DVB-T, ISDB-T y ATSC

- Los tres estándares no presentan diferencias importantes en cuanto a resoluciones de vídeo posibles, pudiendo todos operar en definición estándar y alta definición.

- Los tres estándares no presentan diferencias importantes en cuanto a la calidad de las señales de audio posibles.

- A diferencia de ATSC, ISDB-T y DVB-T tienen gran flexibilidad para configurar las transmisiones en función de tasas de datos deseadas y cobertura requerida, la que permite suavizar la transición desde TV analógica de definición estándar a TV Digital en alta definición.

- Dicha flexibilidad permite, además, que cada operador configure, en cada momento, sus transmisiones de acuerdo a su propio plan de negocios.

- A diferencia de ATSC, ISDB-T y DVB-T permiten organizar las transmisiones en flujos jerárquicos.

- Pruebas de terreno no son concluyentes en cuanto a que ATSC logra mejor cobertura que DVB-T, y que la cobertura de ISDB-T a tasas de datos comparables es levemente menor.

- DVB-T tiene la mejor inmunidad a propagación de multicamino.

- Dicha inmunidad por parte de ATSC requiere complejos diseños en los receptores.

- Mediante la introducción del estándar DVB-H, DVB-T ha resuelto sus limitaciones originales para transmisión a terminales portátiles, logrando desempeños equivalentes a ISDB-T.

- ATSC no tiene la capacidad de recepción en terminales móviles ni portátiles.

- Los tres estándares, operando en bandas de 6 MHz, presentan eficiencias espectrales similares.

- No obstante, la eficiencia espectral de DVB-T operando en bandas de 8 MHz es mayor.

- DVB-T operando en bandas de 8 MHz permite tasas de datos que pueden entregar transmisiones HDTV y SDTV simultáneas, facilitando de esta forma la introducción de HDTV.

- El tamaño del mercado mundial de equipos DVB-T es superior al de ATSC, y muy superior al de ISDB-T, garantizando gran variedad de dispositivos a precios competitivos.

- ISDB-T, además de poseer un mercado mundial pequeño, requiere de dispositivos (set-top-boxes y televisores) comparativamente más complejos que DVB-T.

3.3.5 Futuro del DVB-T

En el presente capítulo se analizan dos puntos clave en el futuro del DVB-T, que son el DVB-T2, cuyas especificaciones salen a la luz a fecha de Junio del 2008, y la alta definición. Otro tema todavía pendiente es el apagón analógico. En muchos países europeos, la planificación del apagón analógico está bastante avanzada. Holanda se ha convertido en el primer país en poner fin a todos sus servicios de televisión analógica, mientras que otros países, como Alemania y Suecia, han iniciado el proceso de poner fin a los servicios analógicos a escala regional. Se espera que la mayoría de los países de Europa el apagón tenga lugar en 2015, si no antes. La Comisión Europea ha recomendado a sus estados-miembro que completen el cierre analógico en 2012.

3.3.5.1 DVB-T2

Se trata de la segunda generación del DVB-T. La publicación de la especificación DVB-T2 se espera a finales de junio de 2008, con lo que la eficiencia en el uso del espectro mejore un 30-50% en comparación con DVB-T. A continuación, se muestra un resumen de los requerimientos comerciales del sistema:

- DVB-T2 es diseñado para satisfacer los requerimientos de los radiodifusores después del apagón analógico.

- La prioridad será la multidifusión en HDTV, y obviamente el mejor rendimiento del espectro en multidifusión SDTV, móviles, interactividad y otros servicios personalizados.

- DVB-T2 debe ser compatible, en el uso de los sistemas de antenas de transmisión y recepción existentes.

- DVB-T2 proveerá una mayor velocidad de transmisión de manera compatible con las redes DVB-T de transmisores y antenas existentes.

- En SFN: coherentemente con la mayor velocidad de transmisión, DVB-T2 operará estas redes posibilitando mayor distancia entre repetidores.

4 LA TDT EN ESPAÑA.

En este punto se va a presentar la evolución que ha tenido la TDT en España, desde que se aprobó su implantación hasta el día de hoy.

Reseñar que España fue un país pionero en las emisiones digitales, junto con Inglaterra. Pero por culpa de tres factores clave, se quedó en la cola en poco tiempo:

- La quiebra de la plataforma de pago Quiero TV, lo que dejó a la televisión digital terrestre sin apenas ningún producto diferenciador respecto a las emisiones analógicas.

- La falta de promoción del sistema digital, que ha tenido como resultado que la gente ignore la existencia de la tecnología y las ventajas que ofrece.

- La asociación errónea que suele hacer la población de los términos “digital” y “de pago”, cuando en realidad la TDT es gratuita.

En primer lugar se presentarán los diversos aspectos legislativos que se han producido durante este periodo.

Posteriormente, se describirán cronológicamente los acontecimientos que se han producido en el país, centrándonos especialmente en el llamado “apagón analógico” y cómo quedará la televisión a partir de que se produzca dicho evento.

En tercer lugar, y una vez estudiados los aspectos técnicos en los apartados anteriores, se pasarán a describir los parámetros concretos por los que ha optado España, así como la distribución de frecuencias asignadas a cada unos de los canales.

Por último, al ser objeto de este proyecto se describirá la situación actual en la Región de Murcia, para ahondar posteriormente en el municipio de Lorca, foco principal de este estudio.

4.1 Legislación española.

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

- En octubre de 1998, después de un proceso de amplia consulta con todos los agentes interesados, se publica el **Real Decreto 2169/1998, de 9 de octubre**, por la cual se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre, y la **Orden del Ministerio de Fomento, de 9 de octubre de 1998**, por la cual se aprueba el Reglamento Técnico y de Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrestre. A la hora de regular los diferentes aspectos como la forma de explotación de los canales múltiples, o la distribución de programa entre los ámbitos nacional, autonómico y local, se establece el plan de despliegue de la TDT y fija como objetivo la fecha de apagado analógico enero del año 2012.

- **La Orden de 4 de diciembre de 1998** establece el término por el que las entidades gestoras del servicio público esencial de la televisión ejercen el derecho que les confiere la disposición transitoria primera del RD 2169/1998, de 9 de octubre, por el cual se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre, y se fija el número de programas del canal múltiple definido en el anexo I del mencionado Plan Técnico, en aplicación de la disposición adicional primera de dicho Real Decreto.

- **La Orden de 16 de diciembre de 1998** establece las localidades a cubrir en las fases de introducción de la Televisión Digital Terrestre.

- **Resolución de 22 de marzo de 1999**, de la Secretaría General de Comunicaciones, por la cual se hace público el Acuerdo del Consejo de Ministros de 18 de marzo de 199 por la cual se amplían los términos establecidos en el calendario del pleno de bases y prescripciones técnicas por la cual ha de regirse el concurso público para la adjudicación de una concesión para la explotación del servicio público de la Televisión Digital Terrestre aprobado por el Acuerdo del Consejo de Ministros de 8 de enero de 1999, y establece el régimen económico en que el Ente Público de la Red Técnica Española de Televisión prestará el servicio portador de soporte de la Televisión Digital Terrestre.

  El Acuerdo del Consejo de Ministros de 8 de enero de 1999 aprueba el pliego de bases y de prescripciones técnicas para las cuales ha de regirse el concurso público para la adjudicación de una concesión a la explotación del servicio público de la Televisión Digital Terrestre y por la cual se convoca el correspondiente concurso, haciéndose público el mencionado Acuerdo de la **Resolución de 11 de enero de 1999** de la Secretaría General de Comunicaciones.

- La **Disposición Adicional Tercer del Real Decreto de 1206/1999**, de 9 de julio, establece como se realizará la coordinación de los programas de Televisión Digital Terrestre. Ese concurso queda resulto mediante el Acuerdo del Consejo de Ministros de 18 de junio de 1999, en el que se adjudica a la Sociedad onda Digital S.A., que posteriormente cambia la denominación a la de Quierto TV, la correspondiente concesión para poder prestar el servicio mediante la utilización de 14 programas, así como a prestar servicios digitales adicionales. El acuerdo se hace público mediante la **Resolución de 2 de septiembre de 1999**, dela Secretaría General de Comunicaciones.

- **Resolución de 21 de junio de 1999**, de la Secretaría General de Comunicaciones, por la cual se publica el acuerdo del Consejo de Ministros de 11 de junio de 1999, por la cual se habilitan las entidades gestoras del servicio

público esencial de televisión para que presten el servicio de Televisión Digital Terrestres en los términos establecidos en la disposición transitoria primera del RD 2169/1998, de 9 de octubre, por la cual se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre.

- La **Disposición Adicional 30ª** de la Ley 55/1999, de 29 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social, establece una modificación en la legislación sobre el modo de explotación de los servicios de Televisión Digital Terrestre y las desconexiones territoriales.

- **Orden de 30 de diciembre de 1999**, por la cual se introduce una disposición adicional única en el Reglamento Técnico de Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrestre, aprobado por Orden del Ministerio de Fomento, de 9 de octubre de 1998, autorizando la emisión a las entidades adjudicatarias de las nuevas concesiones otorgadas para la prestación del servicio de televisión con tecnología digital terrestre, en régimen abierto y con carácter promocional, de uno de los programas de los cuales se le permite su explotación.

- **Resolución de 10 de marzo de 2000**, de la Secretaría General de Comunicaciones, por la cual se hace público el acuerdo del Consejo de Ministros de 10 de marzo de 2000, por el que se aprueba el pliego de bases administrativas particulares y de prescripciones técnicas por las cuales a de regirse el concurso público para la adjudicación de concesiones para la explotación, en régimen de emisión abierta, del servicio público de la televisión digital terrestre y se convoca el correspondiente concurso.

- La aprobación de la Ley 53/2002, de Medidas Fiscales, Administrativas i de Orden Social, de 30 de diciembre de 2002, artículo 109, modifica la Ley 41/1995, de 22 de diciembre, de la Televisión Local por Ondas Terrestres. Esta Ley tiene por objeto la regularización del régimen jurídico del servicio de televisión local por ondas terrestres con tecnología digital. Así mismo, fija la aprobación del Plan Técnico de la Televisión Digital Local a partir de las solicitudes presentadas por las Comunidades Autónomas y las frecuencias disponibles.

  El concurso público convocado para la adjudicación de estas concesiones para la explotación en régimen de emisión abierta del servicio público de la televisión digital terrestre queda resuelto mediante el acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de noviembre de 200, el cual se hace público mediante la **Resolución de 13 de diciembre de 2000**, del Secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información. Las concesiones son adjudicadas a las sociedades SOCIEDAD GESTORA DE TELEVISIÓN NET TV, S.A. y VEO TELEVISIÓN S.A.

- **Real Decreto439/2004, de 12 de marzo, por el cual se aprueba el Plan Técnico de la Televisión Digital Local** (BOE nº 85, de 8 de abril de 2004).

- El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio publica el **Real Decreto 2269/2004, de 3 de diciembre, por el cual se modifica el Real Decreto 438/2004, de 12 de marzo, por el cual se aprueba el Plan Técnico de Televisión Digital Local** (BOE nº 292, 4 de diciembre de 2004).

- **Ley 10/2005, de 14 de junio, de Medidas Urgentes para el Impulso de la Televisión Digital Terrestre, de la Liberalización de la Televisión por Cable y el Fomento del Pluralismo** (BOE nº 142, 15 de junio de 2005).

- **Real Decreto 944/2005, de 29 de julio, por el cual se aprueba el Plan Técnico nacional de la Televisión Digital Terrestre** (BOE nº 181, de 30 de julio de 2005).

- **Real Decreto 945/2005, de 29 de julio, por el cual se aprueba el Reglamento general de prestación del servicio de televisión digital terrestre** (BOE nº 181 de 30 de julio de 2005).

- **Orden ITC/2476/2005, de 29 de julio, por la cual se aprueba el Reglamento técnico y de prestación del servicio de televisión digital terrestre** (BOE nº 181, de 30 de julio de 2005).

- **Resolución del 29 de noviembre de 2005,** de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, por la que se aprueba la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 25 de noviembre de 2005, por la cual se amplía con canales digitales adicionales el contenido de las concesiones de las sociedades que gestionan en servicio público de televisión digital de ámbito estatal y por la cual se asignan los canales que forman parte de los múltiples digitales en redes de frecuencia única (BOE nº 290, de 5 de diciembre de 2005).

- **ORDEN ITC/1077/2006, de 6 de abril**, por la que se establece el procedimiento a seguir en las instalaciones colectivas de recepción de televisión en el proceso de su adecuación para la recepción de la televisión digital terrestre y se modifican determinados aspectos administrativos y técnicos de las infraestructuras comunes de telecomunicación en el interior de los edificios.(BOE nº 88, 13 abril de 2006)

- **REAL DECRETO 920/2006, de 28 de julio,** por el que se aprueba el Reglamento general de prestación del servicio de difusión de radio y televisión por cable (BOE nº 210, 2 septiembre 2006).

- **ORDEN ITC/2212/2007, de 12 de julio,** por la que se establecen obligaciones y requisitos para los gestores de múltiples digitales de la televisión digital terrestre y por la que se crea y regula el registro de parámetros de información de los servicios de televisión digital terrestre (BOE nº 173, 20 julio 2007)

4.2 Historia de la TDT en España.

Brevemente se repasan las etapas que ha vivido la TDT de forma cronológica:

- 1998 - 2000: Periodo de pruebas técnicas.

- 2000 - 2002: 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.

- Junio 2002 - Noviembre 2005: Tras el cierre de Quiero TV, 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.

- Noviembre 2005 - Abril 2010: Reactivación de la TDT (lanzamiento de nuevos canales exclusivos, convocatoria de concursos para canales autonómicos y locales) que tiene como objetivo iniciar un periodo de transición hasta el apagón analógico.

- Desde el 3 de abril de 2010: Pleno funcionamiento de la TDT, con más del 95% de cobertura. Esta tecnología sustituirá entonces completa y definitivamente a la televisión convencional analógica, y se ampliará la oferta de canales y servicios.

Para finalizar esta breve reseña los datos de cobertura a los que el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio [14], en sus diferentes fases:

- **80%** de la población antes del **31 de diciembre de 2005**. **FASE I YA ALCANZADA**
- **85%** de la población antes del **31 de julio de 2007**. **FASE II YA ALCANZADA**

- **88%** de la población antes del **31 de julio de 2008**. **FASE III YA ALCANZADA**
- **90%** de la población antes del **31 de diciembre de 2008**. **FASE IV YA ALCANZADA**
- **93%** de la población antes del **31 de julio de 2009**. **FASE V PRÓXIMO COMPROMISO**
- **95%** de la población para los emisores privados y **98%** para los públicos antes del **3 de abril de 2010**. **FASE VI**

Los datos de cobertura correspondientes a diciembre de 2008 eran del 92,3% de la población a nivel nacional.

4.3 El Apagón Analógico

El 20 de junio de 2007 se aprobó el proyecto del Plan Nacional de Transición a la TDT para conseguir un cese ordenado del apagón analógico antes del 2010. Esto significa el cese de las emisiones en analógico de todos los Canales nacionales, Autonómicos o locales. Dicho apagón generalizado se ha establecido para el 3 de Abril del 2010. Este plan estratégico consta de 73 áreas técnicas, las cuales engloban 90 proyectos técnicos de transición de los cuales se resumen en 3 grupos técnicos con un calendario determinado, que son los siguientes:

- **Grupo A.** Este afecta a aquellas áreas cuya población esté por debajo de los 500.000 habitantes y que ya tienen cobertura TDT. Este grupo consta de 32 proyectos y la fecha límite es el 30 de Junio del 2009. El apagón afecta al 12,6% de la población sumando los proyectos piloto.

- **Grupo B.** Este afecta a aquellas áreas cuya población esté entre 500.000 y 600.000 habitantes. Este grupo consta de 25 proyectos y finaliza el 31 de diciembre del 2009. El apagón afecta aquí al 32,4 % de la población.

- **Grupo C.** Este afecta a aquellas áreas cuya población supere los 700.000 habitantes. Este grupo consta de 33 proyectos del total de 90 y finaliza el 3 de Abril del 2010. El apagón afecta ya al 67,6 % de la población.

Además se debe añadir al plan el Grupo 0, que son aquellas áreas que forman parte del plan de apagado piloto, véase el proyecto Soria. Aquí el cese de las emisiones analógicas esta fijado para el 31 de Diciembre del 2008 y conforma el 1% de la población.

Un área técnica es un área geográfica cubierta por inicialmente por el Emisor, también conocido como centro principal detrás de este, el resto de la zona geográfica estará cubierto por un reemisor “Centros secundarios” y en las zonas limítrofes de la región por repetidores “Centros de menor entidad”. Estos últimos suelen tomar la señal del

segundo centro y técnicamente tienen cobertura solapada con él o con alguno de los otros centros secundarios.

Por ejemplo, y enlazando con la finalidad de este proyecto, en Murcia el Centro principal es el Carrascoy, siendo centros de menor entidad el Lorca 2 y Lorca 3. Estos dos últimos toman la señal del mismo Centro de Carrascoy y repiten la señal de forma solapada al resto del área geográfica de Lorca. El Lorca 2 toma la señal de Carrascoy pero solo puede dar señal a la parte frontal del área técnica, es decir, Lorca se encuentra literalmente separada por el Castillo y técnicamente no tenemos terreno llano en este punto, sino una abrupta montaña. En consecuencia la cobertura total se realiza desde tres Repetidores estratégicos y con diferentes niveles de potencia de emisión.

Como el despliegue técnico de la TDT se fundamenta en utilizar primero los Centros Emisores de gran potencia radiada consiguiendo así una cobertura muy amplia y después enlazando la cobertura con la ayuda de los centros secundarios, también reemisores o repetidores según el tipo de cobertura. Tenemos que el orden de apagado debería realizarse de forma inversa. Es decir, apagar primero dichos centros secundarios y finalmente el centro emisor. Por este orden tendríamos que los Repetidores Lorca 2 y Lorca 3 se apagarían primero, para acabar con Carrascoy. Sin embargo, esto no es una solución definitiva ya que, en la práctica las zonas mencionadas no gozan de cobertura. Por lo que en general se cree, que se realizara el apagado de forma simultanea en todos los centros dentro de una misma área técnica. Sin embargo se cuestionan nuevamente dichos procesos. Se barajan estas posibilidades:

1. Si se apaga el centro emisor, que cubre el mayor núcleo de población y en consecuencia aquella que más posibilidades y facilidades tienen para acceder a las nuevas tecnologías, podría dar como resultado un núcleo mayor de usuarios sin acceso a la TDT, debido a la actual poca concienciación de adaptarse con el uso de un descodificador. Esta estrategia queda pues en estudio todavía.

2. Apagar primero las áreas más pequeñas, pero que en la práctica carecen de cobertura aunque sí, en la fecha prevista.

Pero para todo ello antes deben de cumplirse algunas premisas:

1. Que se hayan iniciado las emisiones completas de la TDT en todas las áreas técnicas, contando con todos los múltiplex SFN, RGN y MFN1, así como las locales.

2. Que la cobertura Digital sea la misma que la cobertura analógica actual.

3. Que haya existido previamente, emisiones duales o *simulcast* de todos los canales durante un tiempo largo, mínimo 6 meses a 10.

4. Que se haya informado con anterioridad a la población sobre todo el proceso de adaptación a la TDT y la necesidad inmediata de hacerlo so pena de las desventajas de no hacerlo, como quedarse sin televisión.

5. Que la cobertura sea de al menos el 95 o 97% del área técnica afectada.

Cuando se cumplen todas estas funciones, entonces se procederá a realizar el apagado analógico que se ejecutará de la siguiente forma técnica;

En primer lugar, en los centros secundarios se iniciará la reducción progresiva de la potencia de los transmisores. Esta consta de al menos, tres fases que se reparten de la siguiente manera: cuatro meses con funcionamiento normal; funcionamiento con una reducción de la potencia a la mitad durante un mes; funcionamiento con una reducción de la potencia a la cuarta parte durante el mes siguiente y cese de emisiones analógicas.

Ahora ya nos encontramos con una parte del área técnica desactivada. A continuación, en el centro principal y en los centros secundarios con cobertura solapada con él, se iniciará, simultáneamente, la reducción progresiva de la potencia de los transmisores, que nuevamente consta de tres fases: de dos a cuatro meses de funcionamiento normal; media potencia durante dos meses; un cuarto de potencia durante los dos meses siguientes y cese de emisiones.

En el Plan técnico aportado por el Ministerio de Industria solo aparecen los emisores principales y de más potencia, pero no se especifican o citan todos los centros secundarios de media o baja potencia. Cada área técnica contiene varios de estos repetidores o reemisores según la célula o zona geográfica. La potencia de estos centros puede variar en función de huella que debe dejar.

Por ejemplo en Águilas, el área técnica consta de 3.000 Km cuadrados, siendo un centro secundario de elevada potencia de radiación. Cítese el caso del múltiplex 39 otorgado a este centro que será de 1 KW. Mientras que el resto del múltiplex trabajaran con una potencia de 5 W. Estas diferencias de señal y de potencia, se refieren a la zona real de cobertura. Por ejemplo, el múltiplex 39 otorgado para la Red de televisión Local, se realiza para cubrir las zonas geográficas de águilas, Lorca, Puerto Lumbreras y Mazarrón. Mientras que los demás múltiplex se realizan para cubrir sólo el núcleo urbano de Águilas y Calabardina. De este modo se cuestiona también de sí es un centro secundario o primario para según que múltiplex. Luego, los centros radiantes de la zona costera deben instalarse y sincronizarse según la potencia radiada de repetidores próximos a la región. Como es el caso de Cuevas de Almanzora que según Abertis cubre el 83% de águilas, aun siendo un centro de gran potencia destinado a cubrir Andalucía del Este. Estas cuestiones técnicas obligan a utilizar potencias mas bajas, en los múltiplex nacionales.

4.4 El Post 2010

A partir del apagón se realizará un cambio en este reparto de canales y se añadirán nuevos Múltiplex en la red de emisiones.

El reparto de canales digitales que existe en la actualidad y hasta que se produzca el "apagón analógico", es el siguiente:

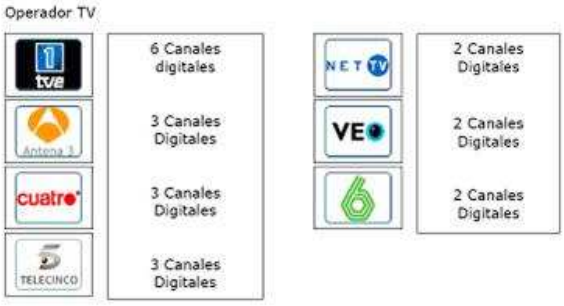


Figura 15: Reparto de canales digitales en la actualidad.

Tras el apagón, el reparto de canales quedaría como sigue:

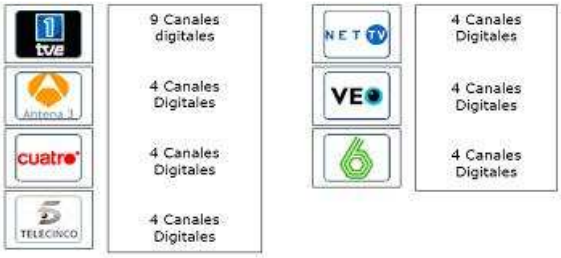


Figura 16: Reparto de canales digitales tras el apagón analógico.

El Plan Técnico fija el siguiente escenario tras el cese de las emisiones analógicas:

- Cada una de las sociedades concesionarias del servicio público de televisión de ámbito estatal accederá a un múltiple digital de cobertura estatal sin desconexiones territoriales.

- El Ente Público Radiotelevisión Española, tras el cese de las emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica accederá a dos múltiples digitales de cobertura estatal. Uno de ellos para realizar desconexiones territoriales de ámbito autonómico.

- Cada una de las Comunidades Autónomas dispondrá de dos múltiples digitales de cobertura autonómica (uno de ellos con capacidad para efectuar desconexiones territoriales de ámbito provincial y el otro, opcionalmente, podrá

realizar desconexiones de ámbito insular o comarcal). Este múltiple se realizará utilizando el bloque de canales que va del 57 al 65.

- La obligación de emitir un mínimo de 4 canales por cada múltiple, salvo que el múltiple lo explote íntegramente un mismo operador, en cuyo caso podrá emitir el número que desee siempre que la calidad de imagen y sonido cumpla los requisitos, lo que permitirá la emisión de televisión de alta definición (HDTV).

- La limitación al 20% de la capacidad máxima de la ocupación del múltiple para la transmisión de contenidos distintos a la propia TV, como pueden ser aplicaciones interactivas, datos o actualizaciones de *software* para los receptores.

- Para los nuevos canales digitales que se puedan solicitar por parte de los actuales operadores, el compromiso de divulgar la TDT entre sus audiencias, emitir contenidos novedosos distintos a los emitidos en analógico, emisión de contenidos en diversos idiomas y con subtítulos,…

- Obligación de aumentar la cobertura territorial y de población alcanzada por las señales de TDT para todos los operadores, tanto los públicos como privados, hasta alcanzar el 95% de la población (en el caso de RTVE) en el momento de llevar a cabo el apagón analógico.

4.5 Parámetros adoptados en España

En este punto se van a comentar los parámetros del estándar DVB-T que se han adoptado en España. Además se desglosará la asignación de los canales en función de las frecuencias existentes.

4.5.1 Especificaciones del sistema DVB-T

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 ¼:***

- Permite redes de frecuencia única (SFN), siempre que la distancia entre emisores sea inferior a 68 km.

- Problemas con la recepción en movimiento a velocidades elevadas.

- ***Cada portadora del COFDM se modula en 64QAM:***

- Tasa binaria elevada, ya que se transmiten 6 bits por estado de modulación.

- A cambio se necesita, para una correcta recepción, una mayor relación portadora-ruido (C/N) que si se modula en QPSK.

- ***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:***

- A diferencia de lo que ocurre con los canales de 8 MHz analógicos por donde se emite un único programa (tradicionalmente llamados canales de TV), desde el RD 2169/1998 se obliga a emitir por un canal de TDT de 8 MHz un múltiplex con 4 o más programas (o canales digitales) y sus datos asociados. Además cada programa puede estar formado por varios *streams* (vídeo, audio en varios idiomas, teletexto, subtítulos en distintas lenguas, aplicaciones interactivas, guías electrónicas de programación EPG, etc.). Con estos parámetros, se tiene una velocidad de bit útil de 19,91 Mbits/s, y se necesita una relación C/N de unos 18 dB para una recepción casi libre de errores (QEF).

Todo lo anterior permite 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.

		C/N (dB) requerida para obtener BER de $2x10^{-4}$ después de Viterbi. Equivalente a QEF después de RS.			Bit-Rate neto (en Mbps) en función de Intervalo de Guarda			
Modulación	Codificación Interna	Canal Gaussiano	Canal Rice	Canal Rayleigh	1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	23,29	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31.67

Figura 17: *Bit-rate* neto en un sistema DVB-T y C/N requerida para una recepción casi sin errores.

4.5.2 Frecuencias empleadas.

La extensa oferta de canales que oferta la TDT opera en frecuencias distintas a las que son utilizadas por las emisiones analógicas para no interferirse entre sí ambas tecnologías. Actualmente en España disponemos de 5 múltiplex nacionales, y uno o dos regionales. Tanto SFN como MFN. A continuación se muestra una división según el rango de frecuencias especificado en el Real Decreto 2169/1998.

- ***830 a 862 MHz (canales 66 a 69):***

Red de frecuencia única de ámbito nacional; estas frecuencias están destinadas a albergar canales que operan en todo el país sin realizar desconexiones regionales entre Comunidades Autónomas.

La siguiente tabla muestra las frecuencias correspondientes a cada múltiplex:

Múltiplex	Frecuencia (MHz)
66	830-838
67	838-846
68	846-854
69	854-862

Tabla 4: Frecuencias asignadas a los canales 66 al 69.

En la Figura 18 se muestran las cadenas de televisión que emitirán en los canales estatales.

Figura 18: Frecuencias de emisión de canales estatales sin capacidad de desconexiones.

- ***758 a 830 MHz (canales 57 a 65):***

Redes de frecuencia única de ámbito territorial autonómico. Estos canales darán servicio con cobertura autonómica para canales de televisión autonómicos (algunos de ellos con capacidad para realizar desconexiones provinciales) y también para canales nacionales con capacidad de desconexión autonómica.

La correspondencia entre cada múltiplex y su frecuencia es la siguiente:

Múltiplex	Frecuencia (MHz)
57	758-766
58	766-774
59	774-782
60	782-790
61	790-798
62	798-806
63	806-814
64	814-822
65	822-830

Tabla 5: Frecuencias asignadas a los canales 57 al 65.

En la Figura 19 se observa la distribución de dichos canales a nivel provincial. Cada comunidad emitirá sus canales autonómicos en caso de tenerlos.

Figura 19: Mapa de los canales reservados para los MUX autonómicos con desconexiones provinciales.

En la Figura 20 se muestra la distribución de canales a nivel autonómico. Se trata del multiplexor de TVE.

Figura 20: Mapa de la red SFN autonómica de RTVE

- ***470 a 758 MHz (canales 21 a 56):***

Red multifrecuencia y de transmisor único de cobertura local. Por estas frecuencias viajarán las televisiones locales que obtengan las licencias en las respectivas demarcaciones. Actualmente hay habilitadas también emisiones de ámbito insular, que cubren cada una de las islas que forman los archipiélagos canario y balear.

Múltiplex	Frecuencia (MHz)	Múltiplex	Frecuencia (MHz)	Múltiplex	Frecuencia (MHz)
21	470-478	33	566-574	45	662-670
22	478-486	34	574-582	46	670-678
23	486-494	35	582-590	47	678-686
24	494-502	36	590-598	48	686-694
25	502-510	37	598-606	49	694-702
26	510-518	38	606-614	50	702-710
27	518-526	39	614-622	51	710-718
28	526-534	40	622-630	52	718-726
29	534-542	41	630-638	53	726-734
30	542-550	42	638-646	54	734-742
31	550-558	43	646-654	55	742-750
32	558-566	44	654-662	56	750-758

Tabla 6: Frecuencias asignadas a los canales 21 al 56.

4.6 Situación de la TDT en la Región de Murcia.

La Región de Murcia cuenta en la actualidad con un Área Técnica (AT) denominada Carrascoy, que a su vez cuenta con dos Proyectos de Transición (PT), el de Carrascoy y el de Ricote, considerados centros de emisión principales. Este hecho, ha llevado a la división del territorio regional en dos zonas, cada una de las cuales dependiente de un centro emisor principal.

Cada PT cuenta a su vez con varios centros emisores secundarios dependientes de los principales:

- Los centros secundarios dependientes de Carrascoy son los siguientes: Águilas, Aledo, Alhama de Murcia, Alumbres, Cartagena, Isla Plana, La Unión, Lorca II, Lorca III, La Paca, Puerto Lumbreras y Santomera. La fecha límite de cese de las emisiones para este PT es el 30 de abril de 2010.

  La siguiente tabla muestra los municipios asociados a este proyecto con la fecha de cese de emisiones establecida:

PROYECTO DE TRANSICIÓN	CARRASCOY
FECHA LÍMITE DEL CESE:	3 DE ABRIL DE 2010

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Abanilla
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Aguilas
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Alcázares, Los
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Aledo
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Alguazas
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Alhama de Murcia
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Archena
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Beniel
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Cartagena
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Ceutí
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Fortuna
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Fuente Álamo de Murcia
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Librilla
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Lorca
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Lorquí
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Mazarrón
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Molina de Segura
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Murcia
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Puerto Lumbreras
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	San Javier
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	San Pedro del Pinatar
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Santomera
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Torre-Pacheco
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Torres de Cotillas, Las
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Totana
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Unión, La
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Alcantarilla

Tabla 7: Municipios de la Región de Murcia asociados al Proyecto de Transición de Carrascoy.

- Del centro emisor de Ricote dependen los siguientes centros: Benizar, Calasparra, Caravaca I, Caravaca II, Cehegín, Cieza, Jumilla, Pliego, El Sabinar y Yecla. Para este caso, la fecha límite de cese de las emisiones analógicas es el 30 de Junio de 2009.

  La siguiente tabla muestra los municipios asociados a este proyecto con la fecha de cese de emisiones establecida:

PROYECTO DE TRANSICIÓN	RICOTE
FECHA LÍMITE DEL CESE:	30 DE JUNIO DE 2009

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Abarán
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Albudeite
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Blanca
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Bullas
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Calasparra
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Campos del Río
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Caravaca de la Cruz
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Cehegín
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Cieza
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Jumilla
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Moratalla
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Mula
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Ojós
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Pliego
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Ricote
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Ulea
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Villanueva del Río Segura
REGIÓN DE MURCIA	MURCIA	Yecla

Tabla 8: Municipios de la Región de Murcia asociados al Proyecto Técnico de Ricote.

Los centros emisores presentes en la actualidad en la Región de Murcia son los siguientes [15]:

Figura 21: Mapa de los centros emisores de la Región de Murcia.

Nº	Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Cota de Referencia	Canales Radioeléctricos Analógicos	Canales Radioeléctricos Digitales
1	Carrascoy	Carrascoy	37º 50m 44s N	1º 16m 13s W	1033	59(TV1)/65(TV2) /44(A3)/38(T5)/42 (C4)/23 (LA6)/29(LA7)	60,61,66,67,68,69
2	Ricote	Ricote	38º 08m 08s N	1º 25m 09s W	1052	25(TV1)/28(TV2) /41(A3)/35(T5)/48 (C4)/32 (LA 6)/ 22(LA 7)	60,61,66,67,68,69
3	Cartagena	Cartagena	37º 36m 16s N	1º 00m 20s W	158	24(TV1)/21(TV2) /46(A3)/35(T5)/40 (C4)/31(La6)/ 27(LA 7)	60,61,66,67,69
4	Lorca II	Lorca	37º 40m 27s N	1º 42m 30s W	465	21(TV1)/27(TV2) /40(A3)/62(T5)/46 (C4)/ 24(LA 7)	60,61,66,67,69
5	Yecla	Yecla	38º 38m 03s N	1º 03m 58s W	701	39(TV1)/45(TV2) /56(A3)/34(T5)/23 (C4)/ 42(LA 7)	60
6	Águilas	Águilas	37º 29m 20s N	1º 33m 53s W	566	48(TV1)/54(TV2) /26(A3)/29(T5)/23 (C4)	60
7	Isla Plana	Isla Plana	37º 33m 09s N	1º 09m 04s W	304	56(TV1)/53(TV2) /40(A3)/43(T5)/46 (C4)/ 50(LA 7)	60
8	Jumilla	Jumilla	38º 25m 27s N	1º 18m 31s W	943	49(TV1)/47(TV2) /29(A3)/26(T5)/23 (C4)/ 51(LA 7)	60
9	Caravaca II	Caravaca	38º 03m 53s N	1º 53m 18s W	804	25(TV1)/28(TV2) /41(A3)/64(T5)/58 (C4)	60
10	Lorca III	Lorca	37º 40m 46s N	1º 42m 44s W	160	25(TV1)/35TV2)/ 31(A3)/51(T5)/37 (C4)/ 22(LA 7)	60
11	Alhama de Murcia	Alhama de Murcia	37º 51m 32s N	1º 25m 37s W	235	30(TV1)/36(TV2) /47(A3)/51(T5)/54	-

						(C4)/ 33(LA 7)	
12	Puerto Lumbreras	Puerto Lumbreras	37º 33m 39s N	1º 48m 47s W	498	31(A3)/37(T5)/34 (C4)/ 47(LA 7)	-
13	Cehegín	Cehegín	38º 05m 05s N	1º 48m27s W	714	38(TV1)/54(TV2) /23(A3)/31(T5)/56 (C4)	60
14	Caravaca	Caravaca	38º 06m 52s N	1º 51m 30s W	622	55(TV1)/49(TV2) /24(A3)/27(T5)/21 (C4)	60
15	Calasparra	Calasparra	38º 14m 07s N	1º 42m 11s W	377	46(TV1)/40(TV2) /27(A3)/24(T5)/21 (C4)	-
16	Cieza	Cieza	38º 13m 42s N	1º 25m 37s W	382	37(TV1)/31(TV2) /53(A3)/64(T5)/58 (C4)/ 45(LA 7)	60
17	Pliego	Pliego	37º 59m 28s N	1º 29m 35s W	526	51(TV1)/54(TV2) /21(A3)/27(T5)/24 (C4)	-
18	La Paca	La Paca	37º 53m16s N	1º 49m 21s W	1030	58(TV1)/64(TV2) /48(A3)/56(T5)/50 (C4)/ 33(LA 7)	-
19	Alumbres	Alumbres	37º 36m 31s N	0º 54m 17s W	95	23(TV1)/39(TV2) /63(A3)/49(T5)/55 (C4)/ 26(LA 7)	-
20	Aledo	Aledo	37º 48m 05s N	1º 34m 02s W	629	28(TV1)/22(TV2) /52(A3)/49(T5)/ 25(LA 7)	-
21	Sabinar	Sabinar	38º 12m 45s N	2º 02m 46s W	1321	31(TV1)/34(TV2)	-
22	Benizar	Benizar	38º 16m 18s N	1º 58m 19s W	1042	59(TV1)/62(TV2)	-
23	Portman	Portman	37º 34m 05s N	0º 49m 18s W	0	22(LA 7)	-
24	Santomera	Santomera	38º 03m 22s N	1º 03m 24s W	110	21(TV1)/24(TV2) / 40(LA 7)	60,61,66,67,68,69
25	El Moral	El Moral	38º 00m 41s N	2º 12m 54s W	1369	-	-

Tabla 9: Datos de los centros emisores de la Región de Murcia.

La mayoría de los centros emisores secundarios se encuentran funcionando a día de hoy, a excepción de los centros de Aledo, Alhama de Murcia, Alumbres, Benizar, Caravaca II, La Paca y El Sabinar, que tienen previsto entrar en funcionamiento antes del 30 de marzo de 2009.

La mayoría de los centros transmitirá tanto la red SFN (red de frecuencia única a nivel estatal, con los múltiplex 66, 67, 68, 69) como la red RGE que permite las desconexiones territoriales, y que para el caso de la Región de Murcia tiene asignado el múltiplex 61.

Comentar que la Red SFN es atemporal, dado que tras el apagón analógico se reasignaran los contenidos de los propios múltiplex. Así cada proveedor tendrá un múltiplex asignado. Esto nos dará nuevas ampliaciones inmediatas como nuevos múltiplex añadido a esta Red.

Por otra parte, el múltiplex autonómico que tiene asignada la Región de Murcia es el 60, donde actualmente se encuentran cuatro emisoras locales que se distribuyen los cuatro canales existentes; estas emisoras son La 7, TVM, Popular TV y Canal 6.

Por último, los canales previstos para la cobertura de las televisiones locales, se ha llevado a cabo atendiendo a ocho demarcaciones territoriales que abarcan toda la Región. En cada demarcación se ha asignado un múltiple digital por el que emitirán 4 televisiones locales digitales. Una de las televisiones es gestionada por los Ayuntamientos que pertenecen a esa demarcación.

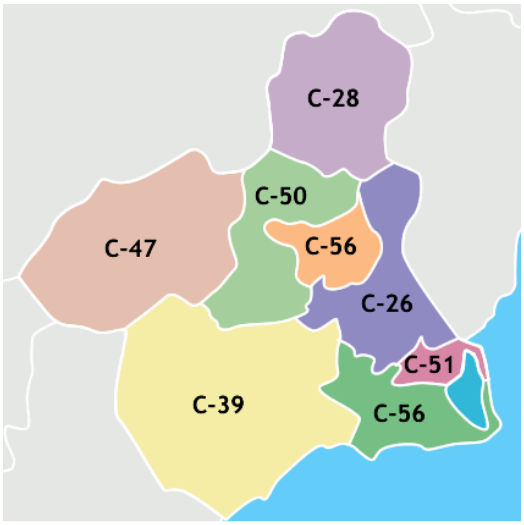


Figura 22: Canales previstos para el MUX local en cada una de las demarcaciones territoriales de la Región de Murcia.

En la siguiente tabla se muestran dichas demarcaciones, así como los canales que le corresponden a cada una y los ámbitos de cobertura, entre otros parámetros. Según la cobertura necesaria, área en Kms, se observa como a mayor Cobertura mas bajo es el Canal emitiendo. Esto es así, para poder alcanzar dicha cobertura.

Demarcación	Nombre	Canal Múltiple	Localidades	P.R.A. Máxima (W)	Superficie total	Densidad de población
TL01MU	CARAVACA CRUZ	47	Caravaca de la Cruz, Cehegín, Bullas, Calasparra, Moratalla	100 W	2380,55 km^2	28 habitantes/km^2
TL02MU	CARTAGENA	56	Cartagena, La Unión, Fuente Álamo de Murcia	2 Kw	856,59 km^2	259 habitantes/ km^2
TL03MU	CIEZA	50	Cieza, Mula, Abarán, Blanca, Pliego	500 W	1231,81 km^2	58 habitantes/ km^2
TL04MU	LORCA	39	Lorca, Águilas, Totana, Mazarrón, Alhama de Murcia, Puerto Lumbreras, Aledo	1 Kw	3040,88 km^2	64 habitantes/ km^2
TL05MU	MOLINA SEGURA	56	Molina de Segura, Las Torres de Cotillas, Archena, Ceutí, Alguazas, Lorquí, Campos del Río, Villanueva del Río	500 W	676,33 km^2	167 habitantes/ km^2

			Segura, Ricote, Albudeite, Ulea, Ojós			
TL06MU	MURCIA	26	Murcia, Alcantarilla, Santomera, Beniel, Fortuna, Abanilla, Librilla	6 kW	1398,11 km^2	334 habitantes/ km^2
TL07MU	TORRE-PACHECO	51	Torre-Pacheco, San Javier, San Pedro del Pinatar, Los Alcázares	100 W	155,94 km^2	508 habitantes/ km^2
TL08MU	YECLA	28	Yecla, Jumilla	500 W	1573,77 km^2	36 habitantes/ km^2

Tabla 10: Datos de los centros emisores de las demarcaciones existentes en la Región de Murcia.

4.7 Situación de la TDT en el municipio de Lorca.

Como se ha comentado en el punto anterior, el municipio de Lorca se encuentra encuadrado dentro del Proyecto de Transición de Carrascoy, ya que cuenta con tres centros reemisores conectados a este centro principal, Lorca II, Lorca III y La Paca.

Los dos primeros centros, Lorca II y Lorca III, se encuentran funcionando en la actualidad, mientras que el de La Paca tiene previsto entrar en funcionamiento antes del 30 de abril de 2009. Sin embargo, estos centros tan solo proporcionan una mínima cobertura al amplio y abrupto territorio lorquino debido a su baja potencia de emisión; de hecho, la mayoría de los núcleos de población reciben la señal de la TDT de centros emisores fuera del municipio, como pueden ser Carrascoy y Ricote situados en la Región de Murcia e incluso reemisores situados fuera de la Comunidad, como son los de Cuevas de Almanzora, Pechina, Hellín, e incluso Aitana en la provincia de Alicante.

Para ilustrar el hecho anterior se muestra una tabla la cual contiene los núcleos de población más importantes del municipio de Lorca así como los canales de TDT que se reciben a día de hoy, y desde donde los reciben. Se ha llevado a cabo una doble comparativa tomando como base los datos proporcionados por dos fuentes:

- La primera de ellas ha sido el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo [16] mediante una aplicación desarrollada en la que introduciendo el código postal de cada localidad nos proporciona si dicha localidad tiene o no cobertura TDT, y en caso de tenerla, cuales son los canales que se reciben y desde que centro emisor.

Cobertura: Disponible

Código Postal: 30811
Población: TEJERA (LA) Y LA ALQUERIA

Servicio	Cobertura	Centros / Canal de emisión
TDT NACIONAL		
TVE 1	Disponible	AITANA Canal 58 RICOTE Canal 61 CUEVAS DE ALMANZORA Canal 57
TVE 2		
24H TVE		
Clan TVE		
Teledeporte	Disponible	PECHINA Canal 66 LORCA III Canal 66 CUEVAS DE ALMANZORA Canal 66
Veo		
SET en Veo		
Intereconomía		
Cuatro	Disponible	PECHINA Canal 67 LORCA III Canal 67 CUEVAS DE ALMANZORA Canal 67
CNN+		
40 Latino		
La Sexta		
Telecinco	Disponible	PECHINA Canal 68 LORCA III Canal 68 CUEVAS DE ALMANZORA Canal 68
Telecinco 2		
Telecinco FDF		
Disney Channel		
Antena 3	Disponible	PECHINA Canal 69 LORCA III Canal 69 CUEVAS DE ALMANZORA Canal 69
Antena.Nova		
Antena.Neox		
Hogar 10		

Figura 23: Ejemplo de búsqueda de cobertura en www.tdt.es.

- La segunda fuente es otra aplicación desarrollada por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia [15] donde se obtienen los datos anteriores de todas las poblaciones de la Comunidad.

Figura 24: Ejemplo de búsqueda de cobertura en www.tvrm.es.

Señalar que todos estos datos se complementarán y verificarán posteriormente con los estudios de campo y con la herramienta de predicción de cobertura *RadioEarth*.

		COBERTURA TDT.ES		COBERTURA REGMURCIA.COM	
LOCALIDAD	C.P.	¿SÍ/NO/Parcial?	REPETIDOR	¿SÍ/NO?	REPETIDOR
ABADES (LOS) Y LAS NORIAS	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
AGUILA (EL)	30812	No	-	-	-
ALBERQUILLA (LA)	30817	Sí	Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ALCALA	30811	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca III (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69)	-	-

ALCANARA (LA) Y LOS BUCANOS	30813	Sí	Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Carrascoy (61,66,67,68,69) Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ALHAGUECES	30814	Parcial	Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69)	No	-
ALJIBE (EL) Y LAS BRENCAS DE SICILIA	30817	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ALJIBEJO (EL)	30813	Sí	Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ALMENDRICOS	30893	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ALPORCHONES	30515	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ALQUERIAS Y CERMEÑO		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ALTOBORDO	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ALTRITAR	30817	Sí	Lorca III (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca III (60)
AMARGUILLO	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
APICHE	30817	Sí	Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
AVE (EL) Y LOS SIMONES	30890	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
AVILES	30812	No	-	No	-
BALDAZOS	30816	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
BALNEARIO DE LA FUENSANTA		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
BARRANCO HONDO	30814	Parcial	Aitana (58,66,67,68,69) Lorca II (61) Hellín (66,67,68,69) Chichilla (59,66,67,68,69)	No	-
BERENGUELES (LOS)	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CALNEGRE Y LOS CURAS	30876	Parcial	Aitana (58, 66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69) Pechina(57)	Sí	Isla Plana (60)
CAMBRON		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CAMINO DE CARRACLACA	30815	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Lorca III (61) Lorca II (66,67,68,69)	-	-
CAMINO HONDO	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)

CAMPICO BLANCO	30811	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Isla Plana (60)
CAMPILLO	30813	Sí	Carrascoy(61) Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CAMPO LOPEZ	30815	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69) Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
CANALEJA (LA) Y EL PARDO	30812	No	-	No	-
CANALES (LAS)	30817	Sí	Lorca III (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca III (60)
CAÑADA HERMOSA Y JOFRE	30810	No	-	No	-
CAÑAREJO	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CARDENAS Y PRADICO	30890	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CARRACLACA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CARRASQUILLA	30815	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Lorca III (61) Lorca II (66,67,68,69)	-	-
CASA CASTILLO	30816	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca III (60)
CASA CASTILLO Y EL VADO	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CASA DE LAS MONJAS	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
CASA DE PANES	30811	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca III (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CASA EL AVI	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CASA LA BOQUERA		-	-	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CASA PALACIO	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CASAS DE MURCIA	30816	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CASAS DE PEÑA	30816	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CASAS DE RUBIO	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CASAS DE TIRIEZA ALTA		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)

CASAS NUEVAS	30814	Sí	Aitana (58,66,67,68,69) Lorca II (61) Chinchilla (59,66,67,68,69) Hellín (66,67,68,69)	No	-
CASAS NUEVAS Y DE GALLARDO	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CASICAS (LAS)	30889	Parcial	Carrascoy (66,67,68,69) Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69) Pechina (57,66,67,68,69) Ricote (61)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CASICAS (LAS)	30893	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69) Cuevas de Almanzora (57)	-	-
CASILLA (LA)	30815	Sí	Aitana (58) Lorca III (61) Lorca II (66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69) Cuevas de Almanzora (66,67,68,69)	-	-
CASTELLAR (EL)		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CAUTIVOS (LOS)	30811	Sí	Lorca III(66,67,68,69)	Sí	Lorca III (60)
CEGARRA (LOS)	30890	Sí	Lorca II (61,66,67,68,69) Carrascoy (61,66,67,68,69) Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69)	No	-
CEMENTERIO (EL)	30817	Sí	Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CERRO DEL PUERCO		-	-	No	-
CHURRA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CHURTALES (LOS)	30811	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
COCON (EL)	30889	Parcial	Carrascoy (66,67,68,69) Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69) Pechina (57,66,67,68,69) Ricote (61)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
COCON (EL) Y LOS CLEMENTES		-	-	No	-
COMINO (EL)		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
CONDOMINA (LA)	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CONSEJERO (EL)	30811	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora	-	-

			(57,66,67,68,69) Lorca III (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69)		
CONVENTOS (LOS)	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	No	-
CORVILLONES	30835	Sí	Carrascoy (66,67,68,69) Ricote (61, 66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57) Lorca II (66,67,68,69) Pechina(57)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
COY	30812	No	-	No	-
CRUZ DE CABAÑI	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CUESTA DE LA ESCARIHUELA	30813	Sí	Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca II (66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
CUESTA DE MELLADO	30890	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
CUEVA DEL DUQUE		-	-	Sí	Lorca III (60)
CURAS (LOS)	30876	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Isla Plana (60)
DON GONZALO	30812	No	-	No	-
DON JUDAS	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
DOÑA INES	30812	No	-	No	-
ERMITA DE LOS CARRASCOS	30813	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69) Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ERMITA DEL RAMONETE	30876	No	-	Sí	Isla Plana (60)
ERMITA DE SANTA GERTRUDIS	30815	Sí	Aitana (58) Lorca III (61) Ricote (61) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69)	-	-
ESCARIHUELA	30813	Parcial	Mojácar (66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ESTANCO SERAFIN	30815	Sí	Aitana (58) Lorca III (61) Ricote (61) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Lorca II (66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69)	-	-
FELI	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
FONTANARES	30817	Sí	Carrascoy	Sí	Carrascoy

			(61,66,67,68,69)		(60,61,66,67,68,69)
FONTANICAS Y SAN ANTON	30810	No		No	-
FRANCESES Y MANCHONES	30890	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
GALERA (LA) Y LOS JOPOS	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
GIRONA, LOS CUZCOS Y EL LLANO	30811	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	No	-
GRANJA (LA)	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69) Lorca II (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
GUIRRETA (LA)	30815	Sí	Aitana (58) Lorca III (61) Ricote (61) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Lorca II(66,67,68,69)	-	-
HEREDIAS (LOS)	30812	No	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
HINOJAR	30816	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
HOYA (LA)	30816	Sí	Aitana (58, 66,67,68,69) Pechina (57, 66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57) Carrascoy (66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
HOYA (LA)	30816	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	-	-
HUMBRIAS		-	-	Sí	Isla Plana (60)
JOPOS (LOS)	30813	Parcial	Carrascoy (66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca II (61,66,67,68,69) Pechina(57)	-	-
JORDANES (LOS) Y ROMERAS	30812	No		Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
JUANETES (LOS)	30811	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca III (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69)	-	-
KILOMETRO 15	30876	Parcial	Aitana (58,66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69) Pechina(57) Cuevas Almanzora(57, 66,67,68,69)	Sí	Isla Plana (60)
LIBRILLERAS (LAS)	30876	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Isla Plana (60)
LOBEROS (LOS)		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Isla Plana

					(60)
LORCA	30800	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69) Lorca III (60) Ricote (60,61,66,67,68,69)	Sí	Águilas (60) Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Isla Plana (60) Lorca II (60,61,66,67,69) Lorca III (60) Ricote (60,61,66,67,68,69)
LUCHENA	30811	Parcial	Lorca III(61,66,67,68,69)	Sí	Lorca III (60)
MADROÑERAS Y EL LLANO	30878	Parcial	Carrascoy(66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57) Lorca II (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69) Aitana (58) Ricote (61)	No	-
MALVERDE Y CARRASCAS SOTO	30817	No	-	-	-
MARCHENA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
MEDRANO	30893	Sí	Cuevas de Almanzora (57,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
MENDIETA	30816	Sí	Carrascoy(66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57) Pechina (57,66,67,68,69) Aitana (66,67,68,69)	-	-
MERCED (LA)	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
MESILLO	30815	Sí	Carrascoy(61,66,67,68,69) Lorca II (61)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
MOLINILLO (EL)	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
MOLINO DE LA SIERRA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
MORATA	30878	Parcial	Carrascoy(61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
NORIAS (LAS)	30813	Parcial	Carrascoy(66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca II (61,66,67,68,69) Pechina(57)	-	-
OLMILLOS	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
ORILLA Y PIÑERO	30815	Sí	Pechina (57,66,67,68,69) Cuevas Almanzora(57) Lorca II (66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
ORTILLO	30811	Sí	Lorca III (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca III (60)
PACA (LA)	30812	No	-	No	-
PANTANO DE PUENTES	30811	Sí	Aitana (58) Ricote (61)	Sí	Lorca III (60)

			Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca III (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69)		
PARDO (EL)	30812	No	-	No	-
PARROQUIA DE LA FUENSANTA	30811	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PELILE Y EL JURADO	30893	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PEÑOSO Y LA COLONIA		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PINA	30815	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Isla Plana (60)
PINILLA Y GARROBILLO	30889	Parcial	Carrascoy(66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57, 66,67,68,69) Pechina (57,66,67,68,69) Ricote (61)	Sí	Águilas (60)
PLANTONES DE MATA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PORVENIR (EL)	30816	Sí	Carrascoy(66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57) Pechina (57,66,67,68,69) Aitana (58)	-	-
PROVINCIAS (LAS) Y LA JAROSA		-	-	No	-
PUENTE BOTERO	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
PUENTE DEL PEREGILERO	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PUENTE PASICO	30813	Sí	Carrascoy (61P,66,67,68,69) Lorca II (61P,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
PUERTO DEL CARRIL		-	-	Sí	Águilas (60) Isla Plana (60)
PUERTO MURIEL	30878	Sí	Carrascoy(61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PULGARA	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
PUNTARRON	30835	Sí	Carrascoy(61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
PUNTAS DE CALNEGRE	30876	Sí	Carrascoy (61, 66,67,68,69)	Sí	Isla Plana (60)
PURIAS (CENTRO)	30813	Sí	Pechina (66,67,68,69) Lorca II (61, 66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
QUIMERAS (LAS)	30813	Parcial	Cuevas Almanzora (57, 66,67,68,69) Pechina (57, 66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
RAMBLA DEL PINO		-	-	No	-
RASPAJOS (LOS)	30814	Parcial	Aitana (58,66,67,68,69) Lorca II (61) Chinchilla(59,66,67,68,69	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca III

			) Hellín(66,67,68,69)		(60)
REDON Y VENTA DE CEFERINO	30893	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
RINCON (EL)	30810 30816	No (30810) Sí (30816)	Carrascoy(66,67,68,69) Cuevas Almanzora (57) Pechina (57,66,67,68,69) Aitana (58, 66,67,68,69)	No	-
RINCON (EL) Y EL MINGRANO	30810	Sí	Carrascoy(61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
RINCON DE LAS COLES	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
RINCON Y LAS RAMBLICAS	30893	Sí	Cuevas Almanzora (57, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ROCHE	30893	Sí	Lorca II(61) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Pechina (57,66,67,68,69) Aitana (58, 66,67,68,69)	-	-
SALOBRALES (LOS)	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
SAN DIEGO		-	-	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
SAN JULIAN	30816	Parcial	Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca II (61,66,67,68,69) Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
SANTA GERTRUDIS	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
SIERRA DE TERCIA	30816	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
SOLANA	30815	Parcial	Cuevas Almanzora (57, 66,67,68,69) Pechina (57, 66,67,68,69)	No	-
TEJERA (LA) Y LA ALQUERIA	30811	Sí	Aitana (58) Ricote (61) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Lorca III (66,67,68,69) Pechina(66,67,68,69)	-	-
TERRERAS (LAS)	30812	No		No	-
TIEMBLOS (LOS) Y LAS CAÑADAS	30814	Parcial	Carrascoy (61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
TIRIEZA BAJA	30817	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
TIRIEZA Y EL GIGANTE	30817	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
TORRALBA	30814	Sí	Carrascoy (61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
TORRE (LA) Y	30800	Sí	Carrascoy (61,	Sí	Carrascoy

EL CHARCO			66,67,68,69)		(60,61,66,67,68,69)
TORREALVILLA	30814	Parcial	Carrascoy (61, 66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
TRAVIESA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
TURBINTO	30893	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
UGEJAR	30878	Parcial	Aitana (58) Pechina (66,67,68,69) Ricote (61) Lorca II (66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69)	-	-
VAINAZO (EL)	30813	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
VALDIO	30893	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
VENTA CEFERINO	30893	Sí	Aitana (58,66,67,68,69) Cuevas Almanzora (66,67,68,69) Pechina (57, 66,67,68,69) Lorca II (61)	-	-
VENTA DEL CORONEL	30817	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69) Lorca II (60,61,66,67,69)
VENTARIQUE	30800	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
VILES	30890	Parcial	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
VILLAESPESA	30815	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
VILLARREAL	30813	Parcial	Cuevas Almanzora (57) Pechina (57) Lorca II (61)	Sí	Lorca II (60,61,66,67,69)
VIQUEJOS	30878	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
XIQUENA	30817	Sí	Carrascoy (61,66,67,68,69)	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ZARCILLA DE RAMOS	30810	No		No	-
ZARCILLA DE RAMOS	30800	Parcial	Ricote (61) Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Carrascoy (66,67,68,69) Pechina (57) Lorca II (66,67,68,69))	-	-
ZARZADILLA TOTANA	30812 30814	No (30812) Parcial (30814)	Aitana (58,66,67,68,69) Lorca II (61) Chinchilla(59,66,67,68,69) Hellín(66,67,68,69)	-	-
ZARZALICO	30890	Sí	Cuevas Almanzora (57,66,67,68,69) Carrascoy (61,	-	-

			66,67,68,69) Lorca II (61, 66,67,68,69)		
ZOLOZUELAS		-	-	Sí	Carrascoy (60,61,66,67,68,69)
ZUÑIGA	30814	Parcial	Aitana (58,66,67,68,69) Lorca II (61) Chinchilla(59,66,67,68,69) Hellín(66,67,68,69)	-	-
ZUÑIGA Y LA JUNCOSA	30814	Sí	Carrascoy (61, 66,67,68,69)	No	-

Tabla 11: Comparativa de la cobertura presente en núcleos de población del municipio de Lorca.

Por último, se muestra una tabla con todos los canales que se pueden recibir en la actualidad en el municipio de Lorca, así como sus frecuencias, ámbito de cobertura y otros datos de interés [17]:

	CANAL	MUX	EPG	TXT	DUAL	COB	OBSERVACIONES
	La Opinión TV	39 618MHz	-	-	-	LOC	Inicio de emisiones próximamente
	Libertad Digital TV	39 618MHz	-	-	-	LOC	Inicio de emisiones próximamente
	G.E.T.M.	39 618MHz	-	-	-	LOC	Inicio de emisiones próximamente
	7 Región de Murcia	60 786MHz	SI	SI	NO	AUT	
	TVM	60 786MHz	NO	NO	NO	AUT	
	Canal 6	60 786MHz	NO	NO	NO	AUT	
	Popular TV	60 786MHz	NO	NO	NO	AUT	
	Onda Regional	60 786MHz	-	-	-	LOC	Radio
	OR Música	60 786MHz	-	-	-	LOC	Radio
	Digitex	60				AUT	Interactivo (mhp) de 7 Región de Murcia
	Tráfico	60				AUT	Interactivo (mhp) de 7 Región de Murcia
	Tiempo	60				AUT	Interactivo (mhp) de 7 Región de Murcia
	Ocio	60				AUT	Interactivo (mhp) de 7 Región de Murcia
	Enhanced TV	60				AUT	Interactivo (mhp) de 7 Región de Murcia
	TVE 1	61 794 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	La 2	61 794 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	24H TVE	61 794 MHz	SI	NO	NO	NAC	
	Clan TVE	61	SI	NO	NO	NAC	

		794 MHz					
rne	RNE 1	61 794 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio
rne	RNE C	61 794 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio
rne	RNE 3	61 794 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio
	Lanzadera	61				NAC	Interactivo (mhp) de TVE
	EPG	61				NAC	Interactivo (mhp) de TVE
	Digitex	61				NAC	Interactivo (mhp) de TVE
	Meteo	61				NAC	Interactivo (mhp) de TVE
	Bolsa	61				NAC	Interactivo (mhp) de TVE
	Tráfico	61				NAC	Interactivo (mhp) de TVE
veo	Veo	66 834 MHz	SI	NO	SI	NAC	
SONY	Sony TV en Veo	66 834 MHz	SI	NO	SI	NAC	
TIENDA EN veo	Tienda en Veo	66 834 MHz	NO	NO	SI	NAC	Servicio Adicional
	Intereconomía	66 834 MHz	SI	NO	SI	NAC	
tdp	Teledeporte	66 834 MHz	SI	NO	NO	NAC	
	Radio Intereconomía	66 834 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio
	Radio Marca	66 834 MHz	-	-	-	NAC	Radio
	Canal Ingeniería	66					Canal de datos
	Guide Plus +	66					Canal de datos
	Lanzadera	66					Interactivo (mhp) de Teledeporte/TVE
	EPG	66					Interactivo (mhp) de Teledeporte/TVE
	Epgnet	66					Interactivo (mhp) de Net TV
cuatro	Cuatro	67 842 MHz	SI	SI	SI	NAC	
CNN+	CNN +	67 842 MHz	SI	SI	NO	NAC	
	40 Latino	67 842 MHz	SI	NO	NO	NAC	
PROMO	Promo	67 842 MHz	NO	NO	NO	NAC	Servicio adicional
	La Sexta	67 842 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	Ser	67 842	-	-	-	NAC	Radio

		MHz					
	40 Principales	67 842 MHz	-	-	-	NAC	Radio
	Cadena Dial	67 842 MHz	-	-	-	NAC	Radio
	Lanzadera	67				NAC	Interactivo (mhp) de Sogecable
	EPG	67				NAC	Interactivo (mhp) de Sogecable
	Tickers_CNN	67				NAC	Interactivo (mhp) de Sogecable/CNN +
	Tickers_Cuatro	67				NAC	Interactivo (mhp) de Sogecable/Cuatro
	Tickers_40 Latino	67				NAC	Interactivo (mhp) de Sogecable/40 Latino
	Lanzadera	67				NAC	Interactivo (mhp) de La Sexta
	Telecinco	68 850 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	Telecinco 2	68 850 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	FDF	68 850 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	CincoShop	68 850 MHz	SI	SI	NO	NAC	Servicio adicional
	Disney Channel	68 850 MHz	SI	NO	SI	NAC	
	Punto Radio	68 850 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio sin emisión en la actualidad
	T5lanzadera	68				NAC	Interactivo (mhp) de Telecinco
	T5digitex	68				NAC	Interactivo (mhp) de Telecinco
	Noticias	68				NAC	Interactivo (mhp) de Telecinco
	Tiempo	68				NAC	Interactivo (mhp) de Telecinco
	Bolsa	68				NAC	Interactivo (mhp) de Telecinco
	Tráfico	68				NAC	Interactivo (mhp) de Telecinco
	epgfly	68				NAC	Interactivo (mhp) de Fly Music
	APP MHP	68				NAC	Interactivo (mhp) de Fly Music
	Antena 3	69 858 MHz	SI	SI	NO	NAC	
	Antena 3 Neox	69 858 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	Antena Nova	69 858 MHz	SI	SI	SI	NAC	
	Hogar 10	69 858 MHz	SI	NO	SI	NAC	
	Onda Cero	69 858 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio
	Europa FM	69 858 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio
	Onda Melodía	69 858 MHz	NO	NO	NO	NAC	Radio

	Tvtv Digital	69				NAC	Canal de datos
	A3Lanzadera	69				NAC	Interactivo (mhp) de Antena 3
	A3 Portal	69				NAC	Interactivo (mhp) de Antena 3
	A3 EPG	69				NAC	Interactivo (mhp) de Antena 3
	A3 Ticker	69				NAC	Interactivo (mhp) de Antena 3
	A3 Voting	69				NAC	Interactivo (mhp) de Antena 3
	A3 Publi	69				NAC	Interactivo (mhp) de Antena 3
	Lanzadera	69				NAC	Interactivo (mhp) de La Sexta/Hogar 10
	Noticias	69				NAC	Interactivo (mhp) de La Sexta/Hogar 10
	EPG	69				NAC	Interactivo (mhp) de La Sexta/Hogar 10

MUX: Multiplexor; EPG: Guía Electrónica de Programas; TXT: Teletexto; COB: Cobertura; Nac: Nacional; AUT: Autonómica; LOC: Local

Tabla 12: Listado de canales de TDT que se reciben en el municipio de Lorca.

5 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN IMPLEMENTADA Y PRUEBAS REALIZADAS.

5.1 Descripción

Uno de los objetivos principales de este proyecto, además de conocer la situación actual de la TDT y sus aspectos técnicos, es la aplicación de todo lo estudiado en un caso real mediante la elaboración de un proyecto técnico de estación reemisora o *gap-filler*.

Un proyecto técnico de este tipo, consiste básicamente en el estudio de la cobertura de la TDT en una determinada zona para ver aquellas zonas de sombra que no reciben la señal emitida por los centros emisores que ofrecen el servicio de TDT, y la posterior instalación de unos centros reemisores de baja potencia llamados *gap-fillers* para cubrir esas zonas.

Dicho proyecto técnico, que se puede consultar en el Anexo I de esta memoria, está aplicado a una zona en concreto del municipio de Lorca que ha sido el lugar objeto de estudio de este trabajo. A continuación, se van a estudiar todas las zonas de sombra de este municipio, por lo que se pueden desarrollar tantos proyectos técnicos como zonas deficitarias de cobertura.

Antes de pasar a comentar las pruebas realizadas para completar el proyecto técnico, se va a presenta un apartado acerca de los *gap-fillers*, que ayudará a comprender el porqué se su utilización.

5.2 *Gap-fillers*

5.2.1 Características de un gap-filler.

- Es un tipo de repetidor que permite recibir una señal DVB-T y retransmitirla en la misma frecuencia, es decir, las frecuencias de recepción y de transmisión son idénticas.
- Convierte el canal de radiofrecuencia recibido a Frecuencia Intermedia (FI). Una nueva conversión recupera el mismo canal de RF para la transmisión.
- Selectividad mediante filtro SAW en FI. Este filtro es el principal responsable del retardo entre la señal recibida y la transmitida (del orden de 1,5 µseg).
- El Oscilador Local (OL) del *up-converter* es común al *down-converter*, por lo que prácticamente no hay degradación de la señal por ruido de fase del OL.

- Mediante un "cancelador de ecos adaptativo" se puede aumentar la potencia. No obstante, queda por investigar el número de *gap-fillers* con filtro cancelador de ecos que se pueden emplear en cascada, puesto que cada *gap-filler* introduce un pequeño nivel de interferencia no corregido que degrada paulatinamente la calidad de la señal. Además si el montaje de la antena receptora no es correcto o el canal de propagación es muy dispersivo el efecto de la dispersión temporal no corregida puede acumularse y degradar paulatinamente la calidad de señal.

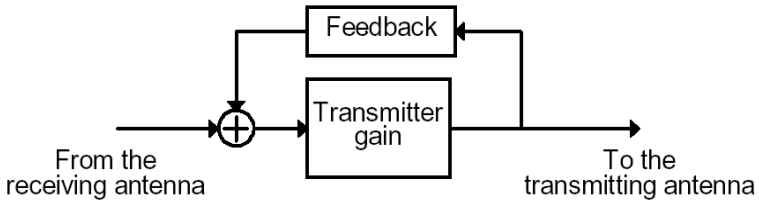


Figura 25: Esquema de un *gap-filler*.

5.2.2 Ventajas e inconvenientes de los gap-fillers.

- Ventajas:
    - Bajo coste y complejidad, ya que su equipamiento e instalación son sencillos, ya que no dispone de modulador ni de GPS.
    - Evita la red de transporte hasta el emplazamiento.
- Inconvenientes:
    - Los *gap-fillers* (GF) son un sistema realimentado, donde parte de la señal transmitida es recibida a la entrada debido al acoplamiento entre las antenas transmisora y receptora. A la entrada del GF existen ecos provenientes de reflexiones de la señal transmitida en objetos del escenario debido al efecto multicamino y a los lóbulos secundarios de las antenas. En un GF convencional sin unidad canceladora de ecos la señal de salida consiste en una sucesión de ecos, cada uno de ellos retardado y atenuado respecto al anterior (ver Figura 26). Para caracterizar la realimentación del GF se utiliza el parámetro Margen de Ganancia, que se define como la diferencia entre el aislamiento entre antenas (*Isolation*, I) y la ganancia del GF (*Gain*, G).

$$\text{Margen Ganancia (dB)} = I - G \quad (1)$$

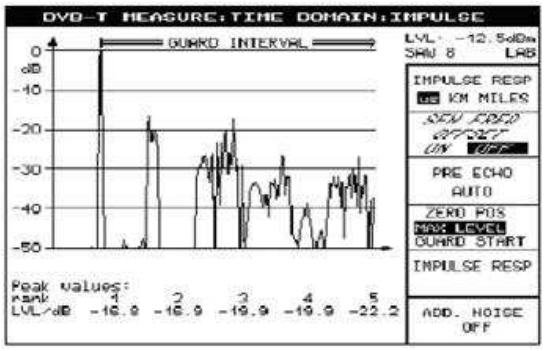


Figura 26: Respuesta al impulso de un *gap-filler* convencional. Margen de Ganancia 10dB.

La atenuación relativa entre cada eco y el siguiente es igual al Margen de Ganancia. La estabilidad del GF sólo se garantiza cuando la ganancia del lazo es menor que la unidad. Esto es, cuando la ganancia es menor que el aislamiento. De otro modo, el sistema podría oscilar. Por otro lado, el efecto del lazo de realimentación en la señal transmitida produce una degradación en la calidad de la señal transmitida en forma de un rizado en el espectro que hay que mantener acotado bajo ciertos valores (ver Figura 27). Esto implica que hay que establecer un valor mínimo del Margen de Ganancia para garantizar el correcto funcionamiento del GF. Mediante pruebas de laboratorio se ha encontrado que la ganancia debe de ser como mínimo 10 dB inferior al aislamiento. Esta restricción supone una gran limitación en la potencia máxima transmitida, y por tanto en el nivel de cobertura, lo cual hace imprescindible la utilización de canceladores de ecos.

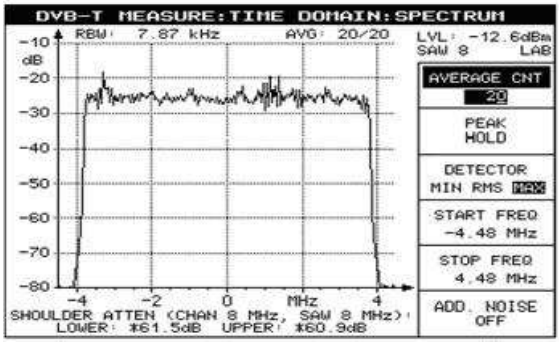


Figura 27: Espectro de la señal a la salida de un *gap-filler* convencional. Margen de Ganancia 10dB.

  - La principal restricción viene dada por el acoplo entre la antena transmisora y la receptora, por lo que es fundamental utilizar técnicas de cancelación de ecos.

- Las prestaciones de los GF convencionales pueden mejorarse sensiblemente mediante la implementación de un cancelador de ecos, siendo posible trabajar con márgenes de ganancia negativos de hasta -10 dB. Esta solución ya se utiliza

en redes de TDT, y permite transmitir hasta 20 dB más de potencia (i.e., 100 veces más). En la Figura 24 se muestra un ejemplo de la mejora obtenida en la respuesta impulsional y en la respuesta en frecuencia. Se puede observar cómo la respuesta impulsional es mucho más limpia y cómo el rizado en el espectro de la señal transmitida es mucho menor.

La unidad canceladora debe ser capaz de suprimir los ecos en la mayor medida de lo posible. En este sentido cobra importancia la ventana de cancelación, que se define como el intervalo temporal durante el cual la unidad canceladora aplica la cancelación sobre la señal de entrada. Este intervalo temporal debe tener una duración elevada para poder cancelar los ecos más relevantes, ya que al operar con márgenes de ganancia negativos, los ecos no cancelados se realimentarían una y otra vez llevando al GF a un estado de oscilación. Sin embargo, al aumentar el tamaño de la ventana de cancelación el retardo introducido es mayor debido a que la complejidad del procesado aumenta con el número de réplicas que el dispositivo debe ser capaz de eliminar. En la mayoría de los casos suele ser suficiente una duración de la ventana de cancelación de 10 μs para evitar oscilaciones del sistema. Es importante destacar que un GF recibirá ecos provenientes de los distintos emisores de la red cuyo retardo será mayor que la ventana de cancelación, por lo que es imprescindible utilizar antenas receptoras muy directivas para reducir la amplitud de estos ecos indeseados. De este modo, también se reduce el efecto multicamino experimentado por la señal recibida mejorando su calidad. Además del retardo introducido por el cancelador de ecos, los *gap-fillers* introducen retardo debido al filtrado digital de la señal, el cual es proporcional a la selectividad del mismo. En la práctica el retardo típico de los canceladores de ecos es de 5 a 7 μs. Notar que este retardo no es significativo frente al intervalo de guarda tolerable en redes SFN (hasta 224 μs).

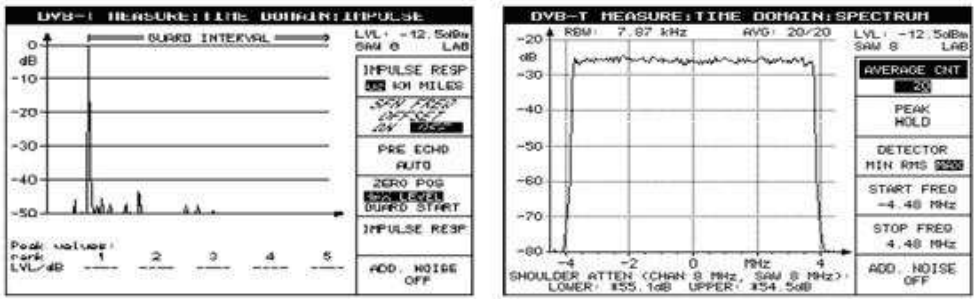


Figura 28: Respuesta al impulso de *gap-filler* con cancelador de ecos. Margen de Ganancia 10dB (Izquierda). Espectro de la señal a la salida de un *gap-filler* con cancelador de ecos. Margen de Ganancia 10dB (Derecha).

Introducen una degradación en la calidad de la señal retransmitida, ya que la señal transmitida no es tan pura como la de un transmisor, así como un retardo temporal adicional en comparación a un transmisor. Por lo tanto en general serán necesarios varios *gap-fillers* para obtener la misma cobertura que un transmisor, siendo un aspecto

clave cuánto más barato resulta utilizar un *gap-filler* respecto a un transmisor sincronizado.

Esta degradación se debe al propio GF (e.g., ruido introducido en el proceso de cancelación de ecos debido a la cuantificación y al procesamiento digital de la señal), pero también al hecho de que la señal recibida contiene ruido, ecos e interferencias. Normalmente se utilizan dos parámetros de calidad denominados degradación equivalente de ruido o END (*Equivalent Noise Degradation*), y la tasa de error de modulación o MER *(Modulation Error Ratio).* El MER proporciona una figura de mérito de la calidad global de la señal recibida y de la señal transmitida. Se calcula a partir de los errores recibidos en la constelación de todas las portadoras que forman la señal COFDM. El hecho de analizar directamente la constelación hace que cualquier alteración de la señal (ruido térmico, ruido de fase, efecto multicamino, etc.) repercuta sobre el valor de MER. Lógicamente el MER de la señal transmitida por el GF siempre será menor que el de la señal recibida, y esto limita el máximo número de *gap-fillers* que pueden engancharse en cascada (normalmente no más de dos). Por otro lado, el END es una medida de las pérdidas de implementación debido a utilizar un GF en vez de un transmisor sincronizado. Se define como el incremento en el nivel de portadora a ruido necesario para obtener un nivel de calidad de señal determinado respecto al comportamiento teórico. Es importante destacar que la END del GF dependerá de la calidad de la señal recibida. El END también se puede interpretar como una disminución en la potencia radiada efectiva respecto al caso de referencia de utilizar un transmisor, por lo que es el parámetro que se usa en tareas de planificación de red. Mediante pruebas de laboratorio se ha observado que los *gap-fillers* existentes en el mercado presentan un END de 0.1 a 0.3 dB respecto a la señal de entrada, y de hasta 2 dB respecto a un transmisor en entornos que varían lentamente. Esta degradación aumenta con la velocidad de variación del canal, pudiendo llegar a ser hasta 2 dB superior en comparación con entornos semi estáticos [7]. Por otro lado, la degradación también depende de la modulación utilizada, siendo la degradación en 16QAM mayor que en QPSK.

Para realizar ejercicios de planificación con GF es fundamental caracterizar el aislamiento que se puede conseguir en los potenciales emplazamientos, ya que determina junto al nivel de potencia recibida la potencia máxima transmitida. Es importante por tanto parametrizarlo en función de la separación entre antenas, situación de éstas, diferencia de azimut, etc., teniendo en cuenta las características del entorno en el que se realiza la planificación.

El aislamiento entre las antenas depende de la instalación de las mismas, del entorno en el que se encuentren, y de la frecuencia de operación (el aislamiento de una misma instalación puede variar entre 15 y 25 dB a lo largo de la banda UHF [8]). Los entornos más críticos son los urbanos, caracterizados por la existencia en las proximidades de numerosos edificios que facilitan las reflexiones de la señal transmitida. En general

conviene separar al máximo las antenas tanto vertical como horizontalmente, romper la línea de visión directa entre ellas, y colocar elementos artificiales cercanos a la antena receptora que atenúen los ecos provenientes de la antena transmisora. El efecto de separar las antenas es más importante en los primeros 3 ó 4 metros, obteniendo menores ganancias en el rango de de 4 a 10 metros. En general, el aislamiento aumenta entre 15 y 20 dB cuando la distancia entre antenas pasa de 1 a 10 metros [7]. Por otra parte, el tipo de antenas utilizadas en transmisión y recepción también influye en el aislamiento del GF. De este modo, se puede utilizar antenas con distintas polarizaciones para aumentar el desacoplo entre ellas. En la práctica en núcleos urbanos se pueden conseguir valores de aislamiento de hasta 110 dB si se optimiza la instalación del *gap-filler*.

5.2.3 Tipos de gap-filler.

- *Gap-filler profesional:*
    - Debe tener suficiente potencia para cubrir el área con la falta de servicio. La máxima potencia depende del aislamiento entre la antena de recepción y la antena transmisora, del entorno y de la capacidad del amplificador de potencia del repetidor.
    - Está costeado y operado por el operador de red.
- *Gap-filler doméstico:*
    - Último elemento en la cadena de repetición.
    - Es un dispositivo para amplificar la señal de una antena de tejado doméstica y retransmitirlo dentro de la casa, compensando la penetración edificadora y las pérdidas de ganancia de altura. Esto permite la recepción portátil dentro de casas en las áreas con fuerza baja del campo.
    - Se han considerado dos soluciones: la primera es un amplificador de banda ancha, la segunda es una versión filtrada. La posibilidad de una conversión a frecuencia intermedia, y una posterior conversión a RF tiene un costo superior con la desventaja de servir para un canal sólo. Se pueden presentar problemas añadidos en el caso de presencia de canales analógicos que produzcan interferencia en los receptores portátiles.
    - Está costeado y operado por los usuarios finales.

- *Gap-filler institucional:*
    - Costeado por una corporación administrativa (locales, autonómicas), pero explotado por un tercero bajo autorización de la corporación.

    - Su utilización tiene una serie de necesidades como son tanto la necesidad de su consideración por parte de la CNAF (Comisión Nacional de Asignación de Frecuencias), como la existencia de una guía de instalación y operación, y la necesidad de un proyecto técnico realizado por un profesional colegiado y de una instalación realizada por instaladores autorizados.

5.2.4 Repetidores regenerativos

Además de los *gap-fillers* que, como hemos visto reciben una señal y la transmiten tal cual con la misma tasa de error (BER), existe otro tipo de repetidores llamados "regenerativos". Este tipo de repetidores, y como su propio nombre indica, reciben una señal regenerándola a su salida, lo que permite que su tasa de error sea nula.

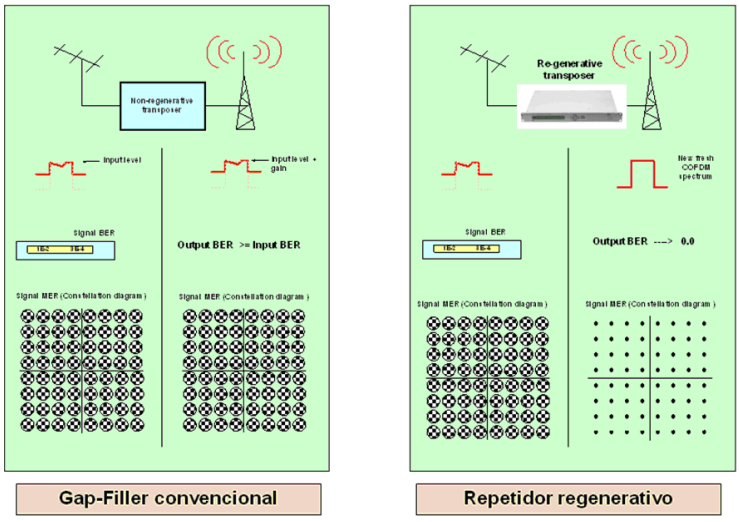


Figura 29: Comparativa entre un *gap-filler* y un repetidor regenerativo.

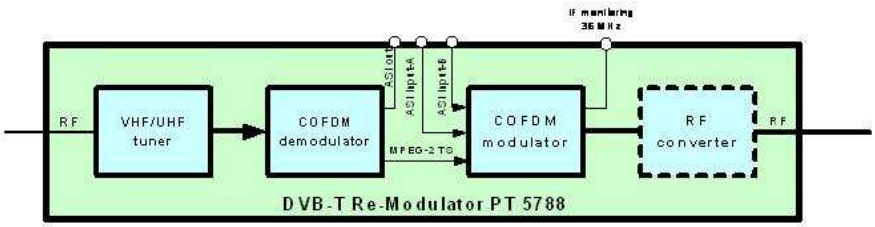


Figura 30: Esquema de un repetidor regenerativo para señales DVB-T.

Además de las características comentadas anteriormente, los repetidores regenerativos admiten la posibilidad de re-multiplexado, es decir, permiten la inserción de programas locales. Por el contrario, no pueden funcionar como *gap-fillers*, ya que el tiempo de procesado es incompatible con la transmisión en el mismo canal de entrada.

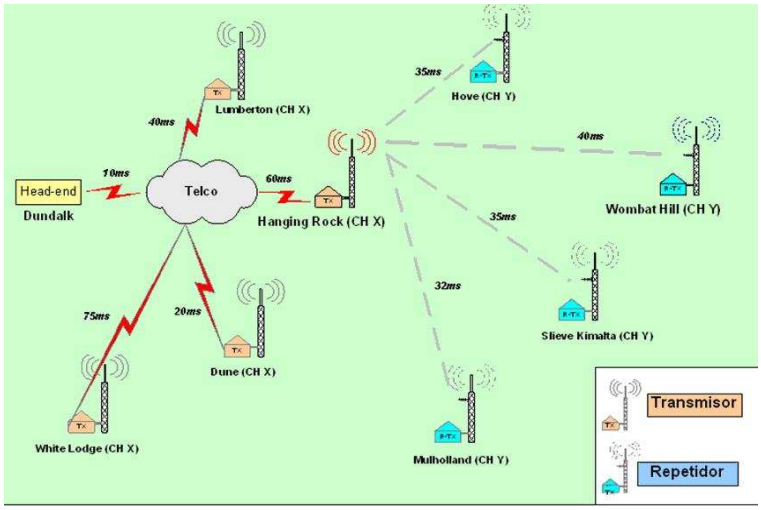


Figura 31: Ejemplo de red SFN con repetidores regenerativos.

5.3 Estudio previo a la elaboración del proyecto técnico de estación reemisora de TDT.

En este punto, se van a estudiar todas las pruebas que se han llevado a cabo para la realización del proyecto técnico de estación reemisora de TDT, que se encuentra en el anexo I de este documento.

Como se ha comentado anteriormente, este tipo de proyecto trata de subsanar las deficiencias de cobertura de la TDT, que sufren diversas zonas del territorio, a las cuales no les llega el suficiente nivel de campo eléctrico para recibir la señal de la televisión digital. En este caso, el estudio se realiza sobre zonas rurales del municipio de Lorca.

Por ello, las pruebas realizadas consistieron, en gran medida, en la realización de la estimación de cobertura en dicho municipio, para estimar las zonas deficitarias de señal y proceder a la posterior colocación de *gap-fillers.*

Para ello, y como se ha venido comentando a lo largo de este trabajo se ha utilizado la herramienta de predicción de cobertura *RadioEarth*, la cual utiliza el programa *Google Earth* como sistema de información geográfica.

A continuación, se van a enumerar todas las pruebas realizadas, comentando todas las opciones probadas y eligiendo la más adecuada en cada caso según las necesidades de este trabajo.

5.3.1 Planteamiento inicial

En primer lugar, se va a hacer un estudio de la cobertura de la TDT, que proporcionan los repetidores existentes en la actualidad y que radian en el municipio de Lorca. Una vez determinada dicha cobertura, se pasarán a estudiar aquellas zonas deficitarias de señal, y se procederá a la instalación de un *gap-filler* en dichas zonas, comprobando posteriormente la nueva cobertura proporcionada; finalizando con el cumplimiento del proyecto técnico.

5.3.1.1 Cálculo de las intensidades de campo necesarias para la recepción de la TDT.

Para determinar la cobertura de una zona se ha calculado el campo eléctrico existente en un determinado territorio.

En primer lugar, hay que determinar el tipo de recepción que se va a utilizar como referencia para el cálculo de la cobertura. De los tres tipos de recepción, fija, portátil tipo A y portátil tipo B, que especifica el informe técnico TR 101 1890 del ETSI *("DVB: Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission Aspects"*), se ha elegido la recepción Fija, por ser la única soportada por el programa *RadioEarth*. La recepción fija, utiliza una antena directiva fija situada en el tejado, donde se toma como referencia una altura de 10m sobre el suelo.

En segundo lugar, hay que fijar los parámetros de la transmisión, que en este proyecto son 64QAM con tasa 2/3. Para recepción fija, se considera el canal tipo *Rice*, con algo de multitrayecto pero con señal directa dominante. Para este canal la C/N vale 17,1 dB.

Para los cálculos de recepción fija se tomará:

- Ancho de banda equivalente de ruido: B=7,6 MHz
- Temperatura de referencia: $T_0 = 290K$.
- Constante de Boltzmann: $k = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K.
- Canal Rice: C/N = 17, 1 dB.

Con estos datos, se puede calcular la potencia de ruido y el nivel mínimo de señal a la entrada del receptor:

- Potencia de ruido: $P_n = F + 10 \log (k\ T_{0B}) = -128{,}2$ dBW.
- Nivel mínimo: $P_s = P_n + C/N = -111{,}1$ dBW = -81,1 dBm.

Donde F es el factor de ruido del receptor.

De acuerdo al informe de la ETSI, este valor es independiente de la frecuencia, y puede considerarse siempre que el ancho de banda sea el de los canales de UHF. Se ha utilizado como referencia un factor de ruido F = 7dB.

Aunque el citado informe del ETSI incluye los cálculos para las bandas I y III de VHF, en lo sucesivo sólo se van a considerar las bandas de UHF (IV y V, cuyas frecuencias de referencia son 500 y 800 MHz), ya que son las únicas permitidas en España. Para dichas frecuencias, la ganancia de antena de la instalación de referencia es 10 y 12 dBd (dB con referencia al dipolo en λ/2), mientras que las pérdidas en cables y conectores son de 3 y 5 dB. Los siguientes cálculos permiten determinar la intensidad de campo mínima que debe garantizarse en el emplazamiento de la antena:

- P_s = -111,11 dBW (Potencia Mínima).
- A_a = -3,3 dBm^2 ó -5,4 dBm^2 (Área efectiva de antena, en unidades logarítmicas).
- L_f = 3 ó 5 dB (Pérdidas en cables y conectores).
- $\Phi_{mín}$ (dBW/m^2) = P_s - A_a + L_f (Densidad de flujo de potencia).
- $E_{mín}$ (dBu) = $\Phi_{mín}$ +120 + 10log (120 π) (Campo mínimo).

Con los valores anteriores se obtiene:

- Banda IV (500 MHz) → $E_{mín}$ = 41,0 dBu (dB sobre 1 μV/m).
- Banda V (800 MHz) → $E_{mín}$ = 45,1 dBu

Como se puede observar, existe una influencia importante de la frecuencia.

Estos valores deben garantizarse en un porcentaje dado de ubicaciones, para lo cual se añade un margen estadístico. La variación de la intensidad de campo con las ubicaciones, dentro del "área pequeña" de 100x100 metros, sigue una distribución gaussiana con una desviación típica σ = 5,5 dB. Este valor se ha obtenido experimentalmente, y es el recomendado por el UIT-R, en sus recomendaciones 370 y 1546 para los sistemas de televisión digital.

La distribución estadística de estas medidas, expresadas en dBu, se asemeja a la campana de Gauss, con un valor mediano (superado en el 50% de ubicaciones) y una desviación típica. Por lo tanto, ¿cuál debe ser el valor mediano de la intensidad de campo E, si se desea que en el 70% o en el 95% de las ubicaciones se supere el valor mínimo? Nos interesa el valor mediano de la intensidad de campo, en el límite de la zona de cobertura, dado que este valor será dato de entrada para los estudios de propagación posteriores.

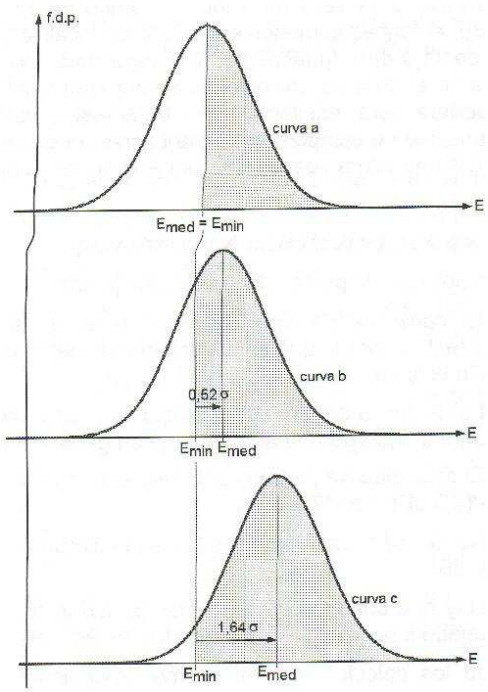


Figura 32: Función de densidad de probabilidad para distintas intensidades de campo.

La cuestión se ilustra en la figura anterior, en la que se representa la función de densidad de probabilidad de la intensidad de campo, para diferentes valores medianos de E. En el primer caso, el valor mediano de E coincide con el mínimo, con lo que sólo se dará servicio al 50 % de las localizaciones dentro del "área pequeña". Para dar cobertura a un porcentaje mayor, el valor mediano debe ser superior al mínimo, en una diferencia que se denomina margen. Aplicando la distribución de Gauss se obtiene que el margen para el 70% de las localizaciones sea 0,52 veces la desviación típica σ, mientras que para cubrir el 95% el margen es 1,64 veces σ. Como se representa en la figura anterior, el valor mediano de E debe ser superior al valor mínimo en dichas cantidades si se desea que el 70% o el 95% de las localizaciones estén cubiertas. Por tanto:

- Margen para 70% (aceptable): 0,52 · 5,5 = 2,9 dB.
- Margen para 95% (buena): 1,64·5,5 = 9dB.

Finalmente, los umbrales evaluados como valor mediano de campo resultan de la suma de los márgenes al campo mínimo.

- 500MHz: Aceptable: E_{med} = 43,9 dBu Buena: E_{med} = 50,0 dBu
- 800MHz: Aceptable: E_{med} = 48,0 dBu Buena: E_{med} = 54,1 dBu

El significado de estos valores es el siguiente: Fijándonos en la frecuencia de 500MHz, si el valor mediano de campo en un "área pequeña", supera los 43,9 dBu, entonces al

menos en el 70% de las localizaciones se supera el campo mínimo de 41,0 dBu. Igualmente, si el valor mediano supera los 50,0 dBu se tendrá que en el 95% de ubicaciones se superan los 41,0 dBu.

Por otra parte, y para corroborar los resultados anteriores, se han hecho otra serie de cálculos. Para ello, se han seguido las recomendaciones expuestas en el Real Decreto 401/2003, donde se determina el nivel mínimo de campo eléctrico que se debe recibir en la instalación de una ICT, para las diferentes tecnologías existentes.

Para el caso de la televisión digital terrenal, cuya banda de frecuencias está comprendida entre los 470.0-862.0 MHz, el Real Decreto recomienda un nivel mínimo de campo eléctrico que viene dado por la siguiente fórmula: 3 + 20 log f (MHz) dB (μV/m). Como se puede observar, la intensidad de campo eléctrico depende de la frecuencia a la que se trabaje, y por lo tanto, los canales que se quieran emitir y recibir.

En este trabajo, se van a remitir los múltiplex 60 (televisión de ámbito autonómico),61 (televisión nacional con desconexiones territoriales) 66, 67, 68,69 (televisión de ámbito nacional). El nivel de campo para cada uno de estos múltiples se muestra en la siguiente tabla (Notar que se ha tomado como frecuencia de cálculo la frecuencia central del intervalo que ocupa cada múltiplex):

Canal	Frecuencia (MHz)	Intensidad de campo eléctrico (dBμV/m)	Intensidad de campo eléctrico (dBμV)
60	786	60,9084	42,9084
61	794	60,9964	42,9964
66	834	61,4233	43,4233
67	842	61,5062	43,5062
68	850	61,5883	43,5883
69	858	61,6697	43,6697

Tabla 13: Valores de intensidad de campo eléctrico en función de los múltiples a emitir.

Para los valores de frecuencia referencia en las bandas IV y V (500 y 800 MHz), se obtienen los siguientes resultados:

- 500 MHz: 56,9794 dBμV/m = 38,9794 dBu
- 800 MHz: 61,0617 dBμV/m = 43,0617 dBu

Por tanto, y como resumen a los dos métodos empleados, se muestra la siguiente tabla:

Cobertura	Aceptable		Buena	
	500 MHz	800 MHz	500 MHz	800 MHz
Recepción Fija	43,9 dBu	48,0 dBu	50,0 dBu	54,1 dBu
RD 401/2003	38,97 dBu	43,06	-	-

Tabla 14: Niveles de campo eléctrico para la correcta recepción de la TDT.

Es necesario hacer alguna consideración sobre la modalidad de recepción considerada, esto es, la recepción fija. En este tipo de recepción el sistema considerado consiste en una vivienda unifamiliar que son las más frecuentes en Europa. En los bloques de vivienda con recepción colectiva en España, es obligatorio desde hace unos años la instalación de una ICT, que en general tendrá unos parámetros técnicos más favorables. Por ejemplo, la ganancia de la antena suele ser superior, y la longitud de los cables hasta la cabecera de la instalación suele ser reducida. Por ello, no hay ningún inconveniente en realizar la planificación siguiendo los parámetros del ETSI, ya que la instalación individual, para la que están diseñados, puede considerarse un caso peor.

Todos los cálculos se han realizado con la herramienta de *RadioEarth*, tal y como se va a mostrar a continuación:

Figura 33: Cálculo de campo eléctrico con *RadioEarth*.

Para ello se han seguido los siguientes pasos:

5.3.1.2 Colocación de los emplazamientos

En primer lugar se colocaron los centros emisores que podían radiar en alguna parte del municipio de Lorca, esto es, Lorca II, Lorca III, La Paca y Carrascoy, para ver la cobertura que proporcionaban dichos centros y así poder determinar las zonas de sombra existentes y la posterior colocación de *gap-fillers*.

Figura 34: Mapa con los emplazamientos que afectan al municipio de Lorca.

Reseñar que, a pesar de que en la tabla comparativa del punto 4.5 de este documento, se pueden observar que a ciertos núcleos de población llega la señal procedente de centros emisores pertenecientes a otras Comunidades Autónomas (Cuevas de Almanzora, Pechina, Hellín, Aitana,…), estos no se han tenido en cuenta a la hora de los cálculos de la cobertura radioeléctrica debido a que:

- No pueden proporcionar la señal de los múltiplex local y autonómico, y de la red MFN (39, 60 y 61, respectivamente).
- Los canales de la red SFN (66,67,68,69) llegan con una mayor intensidad de campo de los centros emisores más cercanos, esto es, Carrascoy, Lorca II y Lorca III, por lo que es preferible tomar la señal de dichos centros.

5.3.1.3 Parámetros del transmisor

En segundo lugar y, para cada uno de los emplazamientos, se introducen sus parámetros radioeléctricos, como son la PIRE, potencia transmitida, ganancias o pérdidas. En este proyecto se introdujo la P.R.A en vatios para cada emplazamiento y la Ganancia y Pérdidas de los sistemas en dB, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Emplazamiento	P.R.A(W)	Ganancia (dB)	Pérdidas (dB)
Lorca II	32	10,5	2,43
Lorca III	12	16,6	5,86
La Paca	5	11,80	5,09
Carrascoy	1000	13,2	1,39

Tabla 15: P.R.A. de los centros emisores que radian en el municipio de Lorca.

Figura 35: Introducción de la potencia de emisión en *RadioEarth.*

5.3.1.4 Parámetros del receptor

En este caso, debemos introducir la sensibilidad mínima que queremos en el receptor, que en nuestro caso será de 48dBu. Con este parámetro se determinarán las pérdidas máximas admitidas, con lo que sabiendo este valor en un punto determinado y el valor de pérdidas totales en dicho punto, se podrá determinar si hay o no hay cobertura si el valor de pérdidas totales supera el máximo permitido; es decir:

- Se calculan las pérdidas máximas en un punto, en potencia.
- Si el valor de las pérdidas máximas admitidas es menor que la pérdida total en ese punto, se puede afirmar que hay cobertura, en caso contrario, no habrá cobertura.

Figura 36: Umbral de campo eléctrico en el receptor.

5.3.1.5 Pérdidas de propagación.

5.3.1.5.1 Estación Base

Para cada uno de los emplazamientos propuestos, se indicarán una serie de parámetros:

- *Altura de la antena transmisora:* Se han introducido las alturas de los centros eléctricos de las antenas, cuyos valores son:

Emplazamiento	Altura del centro eléctrico de la antena (m)
Lorca II	33
Lorca III	40
La Paca	25
Carrascoy	65

Tabla 16: Altura de las antenas transmisoras de los emplazamientos considerados.

- *Antena:* Se ha elegido como diagrama de radiación de las antenas, el diagrama real de las mismas, esto es, para todos los emplazamientos el diagrama de radiación es sectorizado.

- *Orientación de las antenas:* Para cada una de las antenas de cada emplazamiento se ha determinado su orientación en acimut y elevación teniendo en cuenta sólo los paneles que radian sobre el municipio de Lorca, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Emplazamiento	Acimut (º)	Elevación (º)	Sistema radiante	Sectores de radiación
Lorca II	70/160	0	4 paneles de 4 dipolos	044º-191º
Lorca III	305	0	3 paneles de 4 dipolos	280º-330º
La Paca	10 / 210	0	4 paneles dipolares	-
Carrascoy	210	0	16 paneles de 8 dipolos	-

Tabla 17: Orientación de las antenas en los centros emisores que radian al municipio de Lorca.

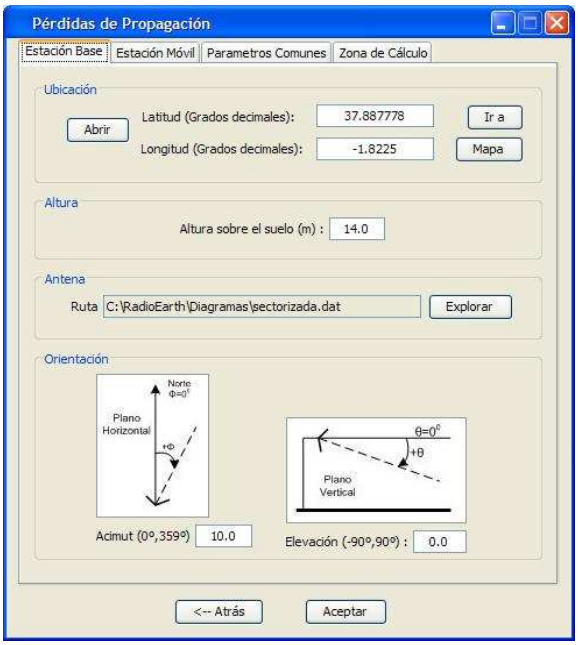


Figura 37: Introducción de los parámetros de la Estación Base con *RadioEarth.*

5.3.1.5.2 Estación móvil

En este apartado se ha introducido el valor de la altura de la antena que va a actuar como receptora en cada uno de los puntos a medir. El valor elegido para todos los casos ha sido de 10m.

Figura 38: Introducción de los parámetros de la Estación Móvil con *RadioEarth.*

5.3.1.5.3 Parámetros comunes.

- *Frecuencia:* El rango de frecuencias entre las que se encuentra encuadrada la TDT es de 470 MHz a 862 MHz Para las pruebas realizadas se ha tomado la frecuencia de 800 MHz, ya que de las dos frecuencias de referencia utilizadas para las medidas de campo, esto es, 500 y 800 MHz, es la que proporciona un nivel de campo mayor, con lo que es la frecuencia más restrictiva.

- *Método de cálculo:* Se ha empleado como método de propagación el UITR-R P.1546 [18], ya que es ideal para entornos rurales, con muchos obstáculos y para frecuencias no superiores a 3GHz, tal y como se da en este proyecto.

- *Modelo Digital del Terreno*: Se ha utilizado un MDT de la Región de Murcia con una resolución de 30m.

- *Mapa de pérdidas adicionales por uso del suelo:* Ninguno.

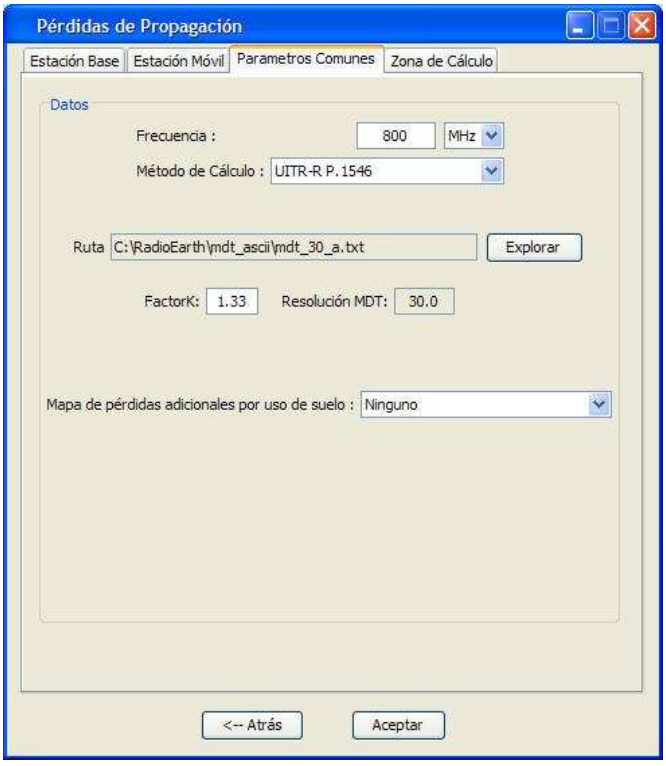


Figura 39: Introducción de los Parámetros Comunes con *RadioEarth.*

5.3.1.5.4 Zona de cálculo

Este parámetro nos indica el radio de acción sobre el cual se desea hacer el estudio de cobertura, el radio elegido para un área circular y para cada uno de los emplazamientos es el siguiente:

Emplazamiento	Radio (m)
Lorca II	25000
Lorca III	25000
La Paca	25000
Carrascoy	65000

Tabla 18: Zona de cálculo de la cobertura de cada centro emisor con *RadioEarth.*

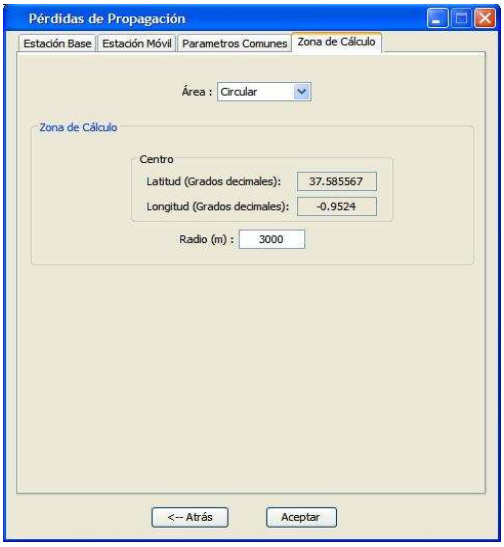


Figura 40: Introducción de los parámetros de la Zona de Cálculo con *RadioEarth*.

5.3.1.6 Resultados obtenidos

5.3.1.6.1 Señales y niveles de los múltiplex de TDT recibidos en el reemisor.

En primer lugar se van a presentar los resultados de cobertura que proporcionan los centros emisores considerados en este estudio. Para ello, se han tenido en cuenta los niveles de campo de referencia descritos en el apartado 5.3.1.1, creándose tres intervalos con los valores siguientes: [43.06, 48] (amarillo), [48, 54.1] (rosa), [54.1, Máx.] (azul), todos ellos para la frecuencia de 800MHz; todo lo que se encuentre fuera de estos intervalos no proporciona el nivel mínimo de campo eléctrico que permite la recepción de la señal de TDT.

- **Repetidor de Carrascoy.**

  El repetidor de Carrascoy es el que proporciona una mayor potencia, debido a que es el centro principal de emisión de la zona de Lorca. A esta zona tiene orientado un panel, con lo que la cobertura que proporciona a esta área es la siguiente:

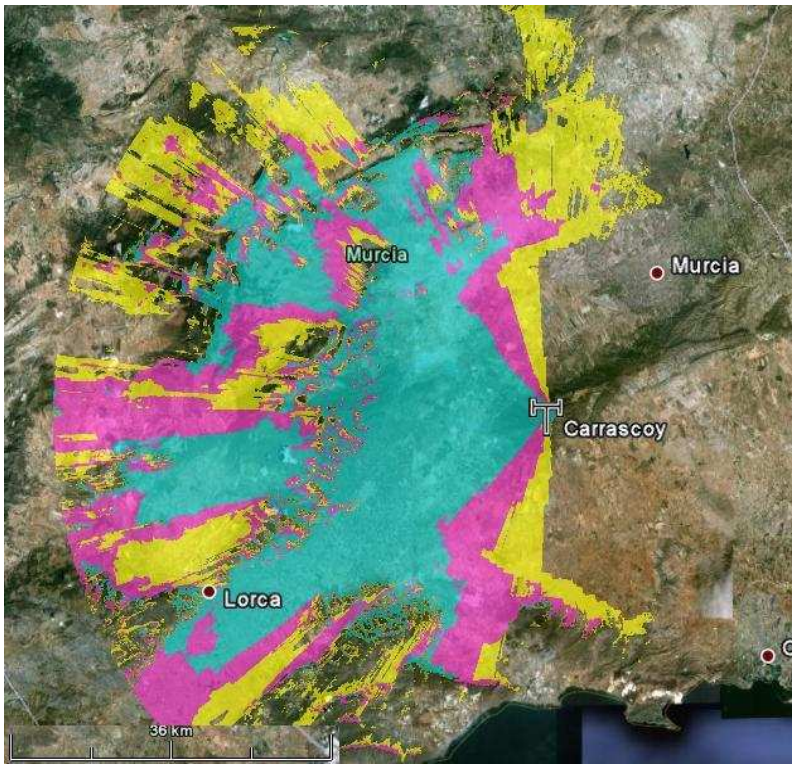


Figura 41: Cobertura proporcionada por el centro emisor de Carrascoy.

- **Repetidor de Lorca III.**

  Este repetidor, proporciona señal de TDT a la zona norte de la ciudad de Lorca, donde no llega con suficiente intensidad la señal del centro emisor de Carrascoy, como vemos en la siguiente imagen:

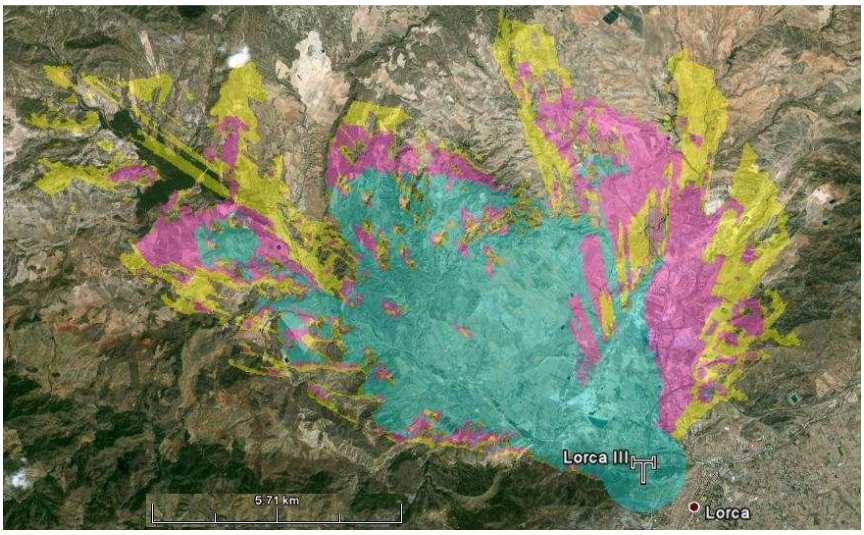


Figura 42: Cobertura proporcionada por el repetidor de Lorca III.

- **Repetidor de Lorca II.**

  Este repetidor, complementa al de Lorca III, para ofrecer una cobertura total a la ciudad de Lorca, ya que como vemos dispone de dos paneles orientados en dirección este y dirección sur, lo que cubre toda la población con un nivel de señal muy aceptable para la recepción de la TDT.

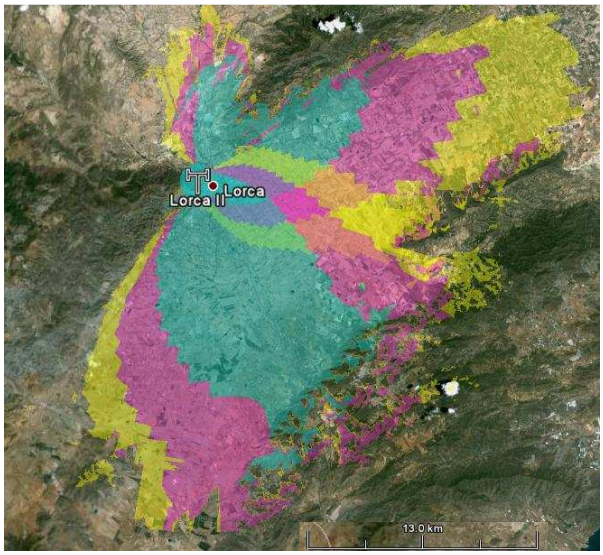


Figura 43: Cobertura proporcionada por el repetidor de Lorca II.

- **Repetidor de La Paca.**

Este repetidor, aunque está montado, todavía no emite la señal de TDT. Los paneles se encuentran orientados hacia el norte, para cubrir, entre otras localidades a la de Avilés, y hay otro panel orientado hacia la zona sur para cubrir la población de La Paca.

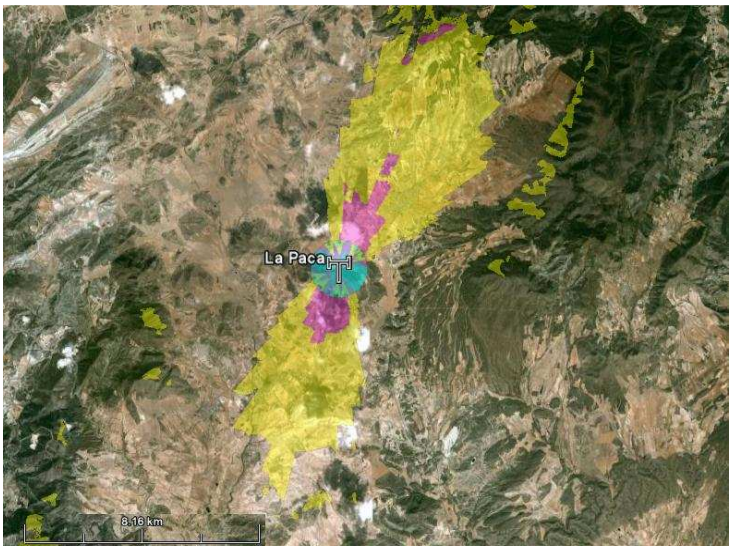


Figura 44: Cobertura proporcionada por el repetidor de La Paca.

- **Cobertura Total.**

  La cobertura total que proporcionan los repetidores anteriores sobre el muncipio de Lorca, se muestra en esta figura, donde a su izquierda se pueden ver ampliadas las zonas de los repetidores de Lorca II, Lorca III y La Paca:

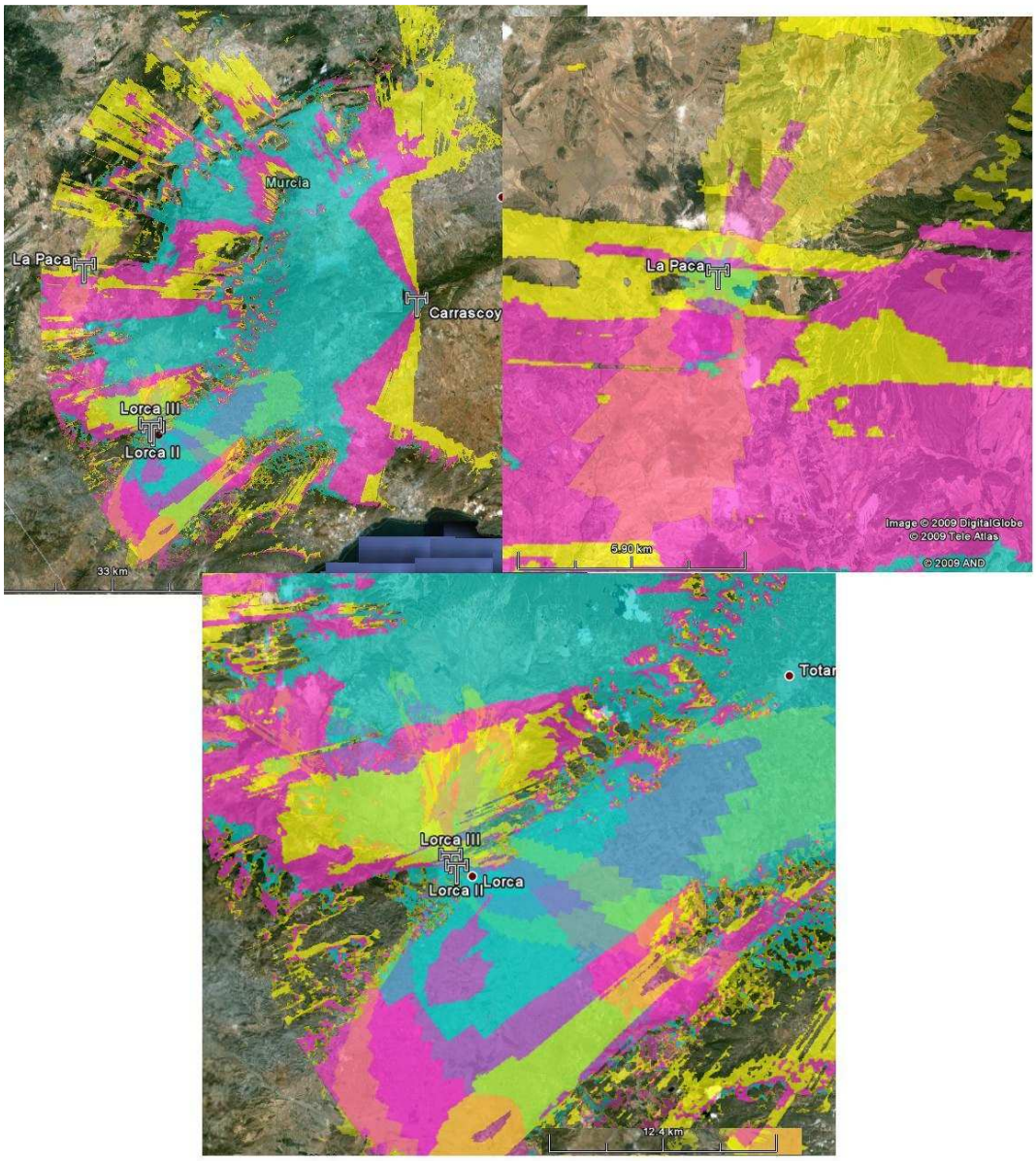


Figura 45: Cobertura proporcionada al municipio de Lorca.

Por lo tanto, como se observa el la captura general de cobertura anterior, son muchas las zonas del municipio de Lorca que todavía no reciben la suficiente intensidad de campo eléctrico, como para recibir la TDT. Entre esas zonas podemos destacar:

- Las tierras altas del municipio, que abarca localidades como Coy, Avilés, El Pardo, Doña Inés, Don Gonzalo,…ya que son localidades enclavadas en pequeños valles, con lo que la señal de recepción no llega con la suficiente intensidad. Para solucionar estas deficiencias, además de la instalación de *gap-fillers*, deben de entrar en funcionamiento y, con la suficiente potencia de

emisión, los centros emisores de Caravaca I, Caravaca II, Cehegín y La Paca, lo que ampliará la cobertura existente en la actualidad.

- Otra de las zonas deficitarias, es la zona de la costa de Lorca, ya que localidades como Calnegre, Morata, Carrasquilla, El Puntarrón, Ramonete,… no reciben la señal de TDT. Esto se podría solucionar ampliando la potencia de emisión del centro de Lorca III y de los centros de Águilas e Isla Plana, con la colocación y orientación de los paneles necesarios para cubrir la zona.

- Por último, localidades como Humbrías, Zarzalico, Nogalte, Béjar, Tirieza,.. que son localidades que se encuentran a espaldas de la ciudad de Lorca, por lo que la señal de los centros de Lorca II y Lorca III, no les llega, al haber una gran zona de sombra; recibiendo algunas de estas localidades la señal procedente de repetidores como el de Cuevas de Almanzora o Pechina. Este es un problema, por ejemplo a la hora de recibir el múltiplex autonómico o el múltiplex local, ninguno de los cuales puede ser recibido por estas localidades. En esta zona, la única solución que se aprecia, es la instalación de un centro emisor de gran potencia, ya que los que hay actualmente, difícilmente podrían cubrir este territorio.

5.3.2 Solución adoptada

Como se ha podido observar en el punto anterior, son muchas las zonas en las que la señal de TDT no llega con la suficiente intensidad de campo eléctrico, como para ser captada por los equipos receptores de la población.

Para realizar el proyecto técnico que se puede consultar en el anexo I, se ha escogido la localidad de Coy, ya que cumple los requisitos para la instalación de un *gap-filler* que le proporcione cobertura de TDT a su población. Se puede verificar que, además de las pruebas realizadas anteriormente, los datos proporcionados, tanto por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo como por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, indican que dicha población no dispone del servicio de TDT.

Figura 46: Cobertura actual de TDT en la población de Coy.

5.3.2.1 Localidad a estudio.

Coy es una localidad perteneciente a la pedanía del mismo nombre, situada en el municipio de Lorca (Murcia), limitando con los municipios de Mula y Cehegín. Esta localidad se enclava dentro de un territorio montañoso, por lo que se provocan zonas de sombra que impiden la distribución de la señal de la TDT, lo que convierte a Coy en un emplazamiento ideal para realizar este estudio.

Las coordenadas de situación de Coy son 37º56'52.79''N y 1º48'45.45"O, y se encuentra situada a 859m sobre el nivel del mar. A esta localidad se puede acceder desde Lorca a través de la carretera C-3211 durante aproximadamente 30Km, para posteriormente incorporarse a la C-12 durante unos 7Km hasta llegar a Coy.

Otras de las razones por las cuales se ha elegido a Coy como objeto de este estudio, es que se encuentra situada a las faldas de una pequeña montaña, cuya cima se encuentra a 903m, por lo que es un punto ideal para instalar los equipos necesarios que proporcionen cobertura a la localidad.

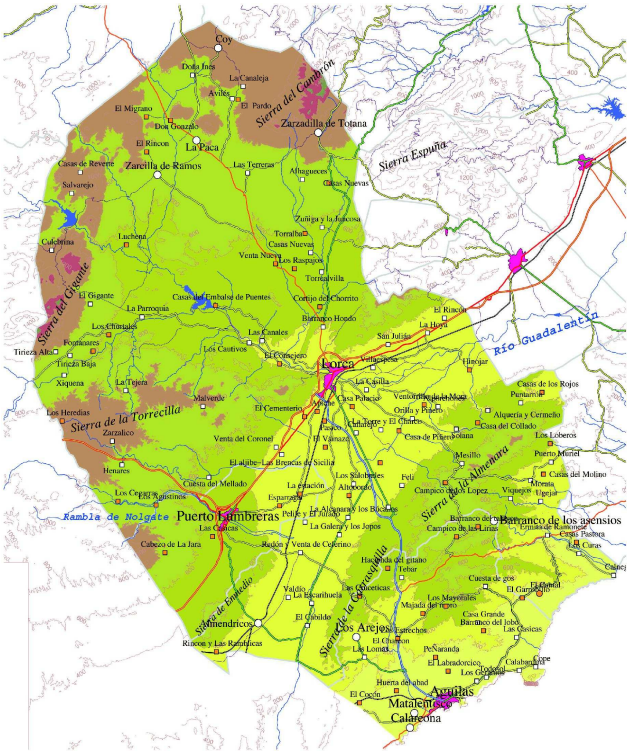


Figura 47: Mapa del municipio de Lorca.

Figura 48: Mapa de la localidad de Coy.

Como se ha comentado, el *gap-filler* se situará en la montaña situada a la derecha de la localidad de Coy, en las coordenadas 37º56'53.79"N y 1º48'36.24"O, sobre una elevación de 903m respecto al nivel del mar. Será un emplazamiento de nueva creación, por lo que no hay instalación de televisión previa. El nombre que se ha propuesto para la estación es el de *GF_Coy* (Ver apartado A.1.2.2 del anexo I).

5.3.2.2 Canales radioeléctricos de trabajo y características de la emisión.

Como se ha comentando con anterioridad, se van a distribuir 6 canales o múltiplex, cada uno de los cuales contiene 4 programas de televisión, dichos programas se pueden consultar en la tabla 11. A continuación se muestra un resumen de cada uno de los canales:

Canal	Frecuencia (MHz)	Centro emisor de señal primaria	Ámbito
60	786	Carrascoy	Autonómico
61	794	Carrascoy	Nacional
66	834	Carrascoy	Nacional
67	842	Carrascoy	Nacional
68	850	Carrascoy	Nacional
69	858	Carrascoy	Nacional

Tabla 19: Resumen de los canales radioeléctricos a distribuir en Coy.

Entre las características de emisión de cada uno de estos canales, se puede destacar que el número de portadoras es de 8K, sistema de modulación de las portadoras empleado es el 64QAM, el intervalo de guarda elegido ha sido de ¼, siendo el ancho de banda necesario de 8MHz por canal. En este caso, no se ha adaptado la emisión para receptores de TDT portátil (DVB-H). Las tablas con toda la información de cada uno de los canales se puede consultar en el punto A.1.2.3 del anexo I.

A continuación, se muestra el nivel de señal de cada uno de los canales a amplificar, que se recibe en el la localidad de Coy, donde se puede observar que el nivel de señal mínimo calculado en el apartado 5.3.1.1 para la recepción de la TDT, no se alcanza. Para su cálculo se han mantenido los valores de los parámetros de la sección anterior, y definiéndose con mayor precisión los intervalos de cálculo. También se incluyen los niveles de campo eléctrico que se han obtenido mediante las pruebas realizadas sobre el terreno con el medidor de campo; observándose que los resultados proporcionados por *RadioEarth* y los resultados obtenido *in situ* son bastante similares.

Localidad	**Canal**	**Programas**	**Nivel (dBm) Teórico**	**Nivel (dBm) Medidor de campo**
Coy	60	7RM, TVM, Canal 6, Popular TV.	-71.9897	-69.9777
Coy	61	TVE1, La 2, Canal 24 Horas, Clan.	-72.1897	-75.1656
Coy	66	VeoTV 1, Sony Entertainment, Intereconomía TV, Teledeporte.	-72.2397	-72.9676
Coy	67	Cuatro, CNN+, 40 Latino, La Sexta.	-73.4897	-70.4677
Coy	68	Telecinco, Telecinco 2, FDF, Disney Channel.	-73.9897	-75.6476
Coy	69	Antena 3, Neox, Nova, Hogar 10.	-74.9897	-71.9453

Tabla 20: Nivel de campo eléctrico de los canales de TDT a amplificar en Coy.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de cálculo de la intensidad de campo eléctrico recibida en Coy. En concreto, se trata del cálculo de la cobertura del canal 60.

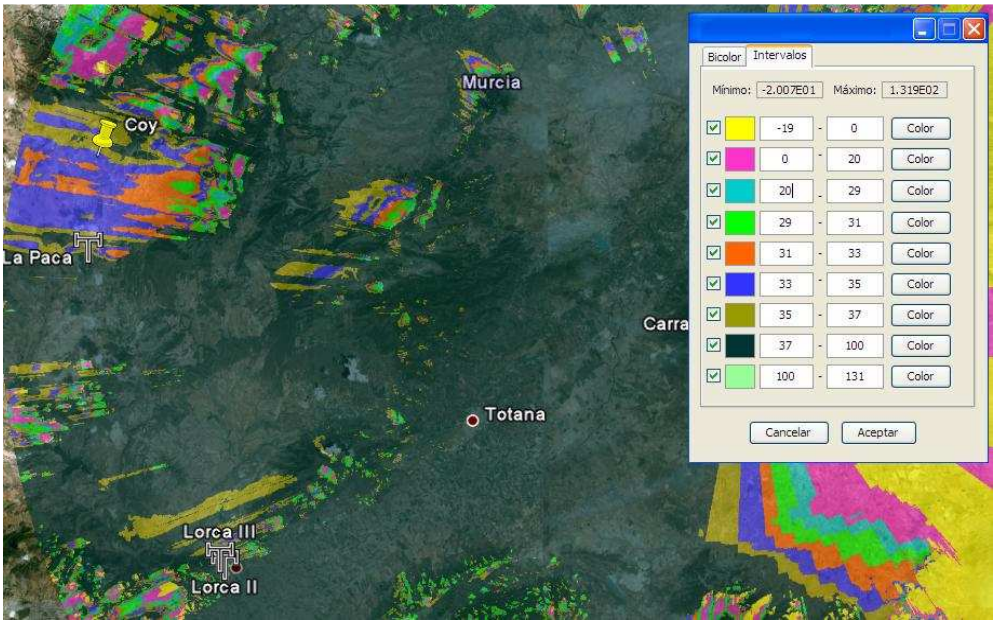


Figura 49: Cobertura del canal 60 en Coy, antes de la colocación del reemisor.

5.3.2.3 Características técnicas de diseño de la estación transmisora.

5.3.2.3.1 Equipo o equipos transmisores.

La estación transmisora estará formada por dos equipos denominados *gap-fillers*, los cuales transmitirán 3 múltiplex cada uno.

Los *gap-fillers* son de la marca Tredess (Ref. 852003). La potencia de emisión por múltiple de cada uno de los equipos será de 0.35W, de los cuales el sistema radiante sólo emite una potencia de 0.102W, al tener en cuenta la atenuación que producen los cables y latiguillos que interconectan ambos sistemas.

EQUIPO	PROGRAMA	CANAL SALIDA
1	MFN	61
	SFN-1	66
	SFN-3	68
2	MUX. AUTONÓMICO	60
	SFN-2	67
	SFN-4	69

Tabla 21: Programas y canales emitidos por los *gap-fillers.*

Por otra parte, los equipos utilizados incorporan un cancelador de ecos, lo que permite que se aumente la potencia de emisión, sin degradar en exceso la calidad de la señal recibida. Además, la entrada RF de los equipos tiene un rango dinámico entre -20 a -70dBm (-40 a 120 dBµV) lo que es suficiente en nuestro caso, ya que la intensidad de campo eléctrico que llega al *gap-filler* se encuentra entre los valores de dicho intervalo.

Las características del equipo emisor se pueden consultar en el punto A.3.2.1 del anexo, así como el esquema de conexionado de los equipos que se encuentra en el plano nº 4, punto A.2.4 del citado anexo.

5.3.2.3.2 Descripción del sistema radiante utilizado.

Para remitir la señal que llega procedente de los centros de emisión primarios, se van a utilizar dos paneles de dipolos de la marca Ikusi, que estarán orientados en dirección 270º en dirección al norte geográfico, lo que permitirá cubrir toda la población de Coy, tal y como se puede observar el plano nº8 del punto A.2.9.

Estos dipolos presentan una ganancia máxima de 13.15 dBd, con una potencia máxima de 10W. Permiten la elección entre polarización horizontal y vertical; en este proyecto se ha utilizado la polarización horizontal por ser la más conveniente y utilizada en la TDT.

Otra importante característica de este tipo de panel, es que proporcionan diferentes diagramas de radiación en función de la frecuencia a la que se trabaje; en concreto se proporcionan tres diagramas de radiación pertenecientes a tres frecuencias diferentes (490 MHz, 650 MHz y 850MHz). En este proyecto se ha utilizado como referencia el diagrama de radiación perteneciente a la frecuencia de 850 MHz (diagrama negro), por ser el más cercano a la mayoría de los canales que se van a remitir.

Otro de los motivos que ha llevado al proyectista a la elección de este tipo de panel, han sido las aperturas de los diagramas horizontal y vertical, 63º y 50º respectivamente, lo que añadido a la orientación de 270º antes citada, cubren de manera completa la población a estudio.

Ambas diagramas se pueden consultar en los planos A.2.5 y A.2.6; junto con los valores de atenuación que se obtienen en cada acimut, cuya consulta se puede observar en el apartado A.1.2.4.7.

En este punto cabe destacar la nomenclatura utilizada, ya que para describir los diagramas de radiación del sistema radiante hay que expresar 36 tuplas, cada una con 4 valores: acimut, atenuación (dB), tipo y número de sector. La atenuación, en dB, indica cuál es la ganancia en ese acimut, con referencia a la ganancia máxima. Así 0 dB corresponden con la ganancia máxima, 10 dB indica una ganancia 10 dB inferior, etc. Se barre en acimut tomando valores cada 10º empezando por 0º (Norte) y girando en el

sentido de las agujas del reloj (termina en 350º). El tipo de tupla es alguno de los siguientes:

SI	Inicio de sector
SF	Fin de sector
SC	Centro de sector
R	Acimut cualquiera
A	Acimut con alta directividad y 0 dB, no perteneciente a sector.

Tabla 22: Tipos de tupla para la descripción de los diagramas de atenuación.

Los acimut de SI, SF, SC y A se dan exactos, sustituyendo al valor más cercano múltiplo de 10º. R y A no tienen número de sector.

Dichos paneles se encuentran situados en un poste de hormigón armado vibrado de 17m de altura, en concreto se situarán a 14m. (Ver punto A.1.2.4.4)

5.3.2.3.3 Descripción del sistema receptor.

Para la captación de las señales primarias, se va a utilizar una antena tipo yagi. La utilización de una sola antena se debe a que el centro emisor de Carrascoy proporciona todos los canales que se desean amplificar. Por lo tanto, la antena estará en el acimut 120º dirección Carrascoy.

La antena, de la marca Televés, y cuya descripción se puede consultar en el punto A.3.2.2 junto con los elementos de conexión a los equipos (cables, latiguillos, conectores y mástil), presenta una ganancia uniforme de 17dB en todos los canales a emitir, lo que es más que suficiente para captar la señal del centro primario. Además presenta un haz de apertura, tanto horizontal como vertical, entre 20º y 25º

La antena receptora se encuentra sujeta a un mástil de acero de 3m de longitud situado en la cima del poste de hormigón, de esta forma conseguimos una mayor distancia respecto a los paneles emisores y el aislamiento es mayor, minimizándose así el riesgo de acoplo. Esta antena se conecta a un repartidor, que será el encargado de distribuir la señal entre los dos *gap-fillers* instalados; para ello, envía la señal a un demultiplexor que cuenta con tres salidas, una para cada canal a reenviar. Posteriormente, la señal pasa a cada unos de los *gap-fillers*, que la procesarán y la enviarán al panel radiante correspondiente. El esquema de conexionado se puede ver en el plano nº 4 (Ver punto A.2.4 del anexo)

5.3.2.4 Cálculo de la cobertura radioeléctrica de la estación.

Una vez descritos todos los equipos que conforman la estación emisora, se va a pasar a comentar el nivel de cobertura que proporciona la estación.

Como se ha comentado, el *gap-filler* instalado proporciona cobertura a la localidad de Coy exclusivamente, tal y como se puede observar en el plano nº8 del punto A.2.9 del anexo. Para ello, la estación emite con una P.R.A. de 1W, suficiente para cubrir Coy. Los paneles se han orientado hasta los 270º, donde los diagramas de radiación horizontal y vertical proporcionan la máxima potencia; esta dirección se encuentra en el punto central de la población, con lo que toda ella queda cubierta. La elevación propuesta ha sido de 0.25º.

Para obtener el nivel de intensidad de campo eléctrico proporcionado por la estación, se han hecho varias pruebas con *RadioEarth*, con las frecuencias de referencia explicadas 5.3.1.1, es decir, con las frecuencias de 500 y 800 MHz. En primer lugar, y para cada una de los dos frecuencias, se han comprobado a nivel general de la intensidad de campo recibida en zonas próximas al emplazamiento, verificando que se cumplen los niveles de cobertura aceptable, buena y la que exige el RD 401/2003; en segundo lugar, se ha concretado en mayor medida el campo eléctrico recibido en la población estudiada:

- 500MHz:
    - Cálculos generales (en dBu), con intervalos [38.97 , 43.9] (RD 401/2003), [43.9 . 50] (Cobertura aceptable) y [50 , 105] (Cobertura Buena):

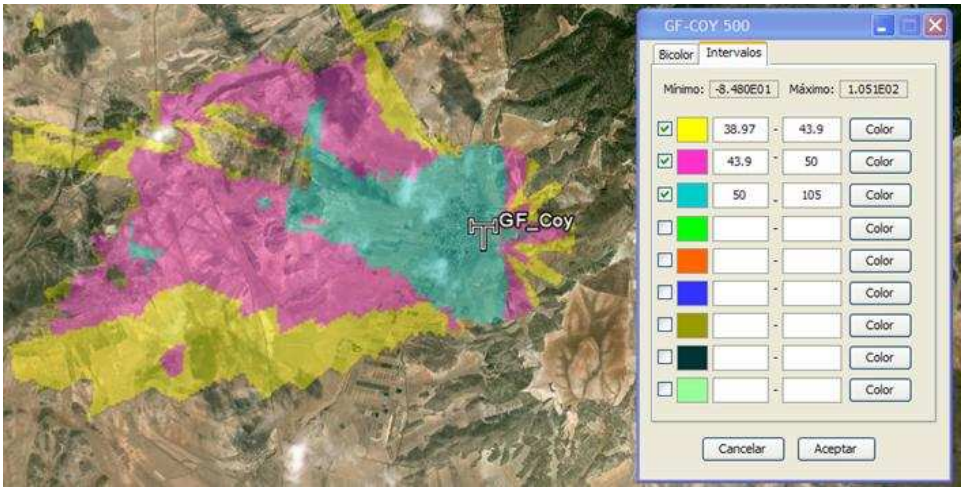


Figura 50: Intensidad de campo general proporcionada por la estación (500MHz).

- Como se observa en la figura anterior, la población de Coy presenta un nivel de intensidad de campo por encima de los 50

dBu, con lo que la cobertura que proporciona el *gap-filler* cumple de manera holgada los niveles mínimos requeridos.

- Cálculos específicos:

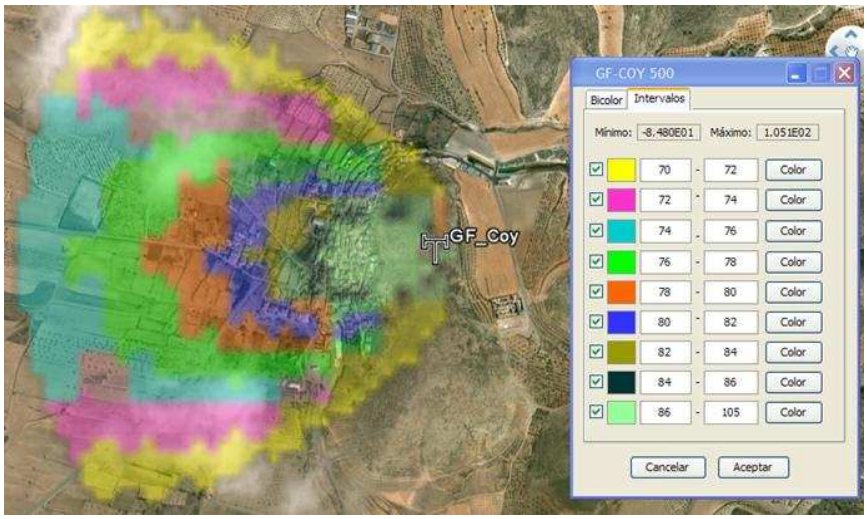


Figura 51: Intensidad de campo específica proporcionada por la estación (500MHz).

- En este caso, se han creado intervalos con una longitud de 2dBu, para concretar más la señal; con ello, se puede observar que la máxima intensidad de campo se logra en el acimut 270º (máxima radiación), con unos valores que superan los 86 dBu. Vistos los resultados, se puede decir que para una frecuencia de 500 MHz, la población de Coy, recibirá como término medio unos 78dBu de intensidad de campo eléctrico.

- 800MHz:

  - Cálculos generales (en dBu), con intervalos [43.06 , 48] (RD 401/2003), [48 , 54.1] (Cobertura aceptable) y [54.1 , 105] (Cobertura Buena):

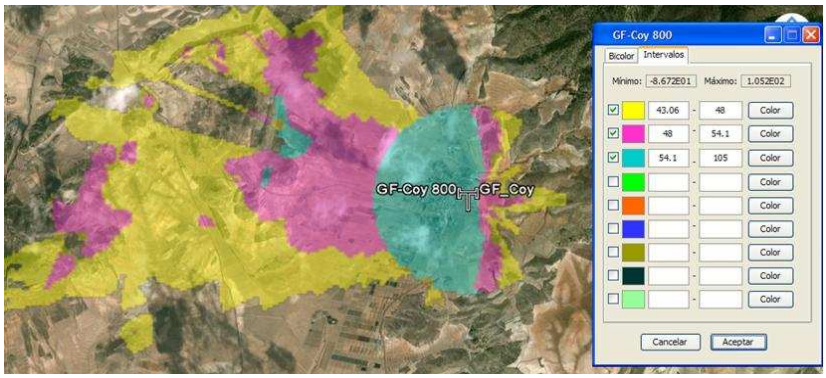


Figura 52: Intensidad de campo general proporcionada por la estación (800MHz).

- Como se observa en la figura anterior, la población de Coy presenta, de nuevo un nivel de intensidad de campo por encima de los 54.1 dBu, con lo que la cobertura que proporciona el *gap-filler* cumple de manera holgada los niveles mínimos requeridos.

o Cálculos específicos:

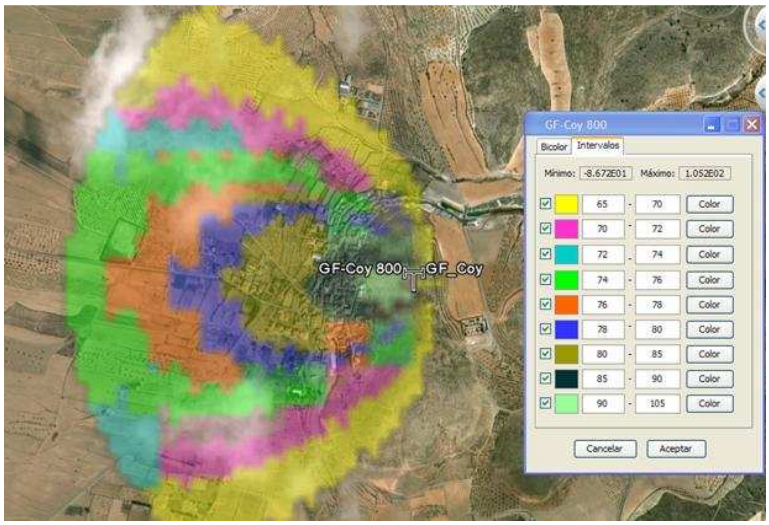


Figura 53: Intensidad de campo específica proporcionada por la estación (800MHz).

- Como en el caso anterior, se han creado intervalos con una longitud de 2dBu, para concretar más la señal; con ello, se puede observar que la máxima intensidad de campo se logra en el acimut 270º (máxima radiación), con unos valores que superan los 85 dBu. Vistos los resultados, se puede decir que para una frecuencia de 800 MHz, la población de Coy, recibirá como término medio unos 78dBu de intensidad de campo eléctrico.

Comentar que en este caso, la frecuencia no ha influido significativamente en los valores de campo, por lo que el nivel previsto de señal, que ha proporcionado *RadioEarth* ha sido de 78 dBµV (96 dBμV/m).

5.2.3.5 Datos de recepción de TV analógica.

Un importante aspecto a considerar en este tipo de proyectos, es la existencia de canales analógicos adyacentes a los múltiples digitales que queremos amplificar, ya que pueden causar interferencias, por lo que hay que mantener unas relaciones de protección adecuadas.

En el caso de localidad de Coy, y una vez consultados los datos en la página web de la Radio Televisión de la Región de Murcia, vemos que en dicho emplazamiento se reciben varios canales analógicos provenientes del centro emisor de La Paca. Para el cálculo de nivel de campo eléctrico se ha considerado que el emisor de La Paca radia con una potencia de 80W y está orientado 10º respecto al norte geográfico, antena sectorizada y de una altura de 14m, y antena de recepción de 10m. La siguiente tabla muestra los canales medidos y los resultados obtenidos:

Procedencia	Acimut	Programa	Canal/Frecuencia (MHz)	Nivel (dBm)	Nivel (dBu)
La Paca	190º	7 RM	43 / 650	- 63.98970	43
La Paca	190º	Antena 3	48 / 690	-64.9897	42
La Paca	190º	Cuatro	50 / 706	-63.4897	43.5
La Paca	190º	Telecinco	56 / 754	-64.4897	42.5
La Paca	190º	TVE 1	58 / 770	-64.4897	42.5
La Paca	190º	La 2	64 / 818	-62.9897	44

Tabla 23: Niveles de campo de las señales de TV analógica recibidas en Coy.

Decir, que para el cálculo de los niveles de intensidad de campo, se ha elegido por comodidad la frecuencia central del ancho de banda de cada canal, ya que como se ha visto al comienzo de este trabajo, una señal analógica cuenta varias frecuencias, de vídeo y de audio**.**

A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo de la cobertura de uno de estos canales, en concreto para el canal 58; el resto de canales se ha calculado de forma análoga.

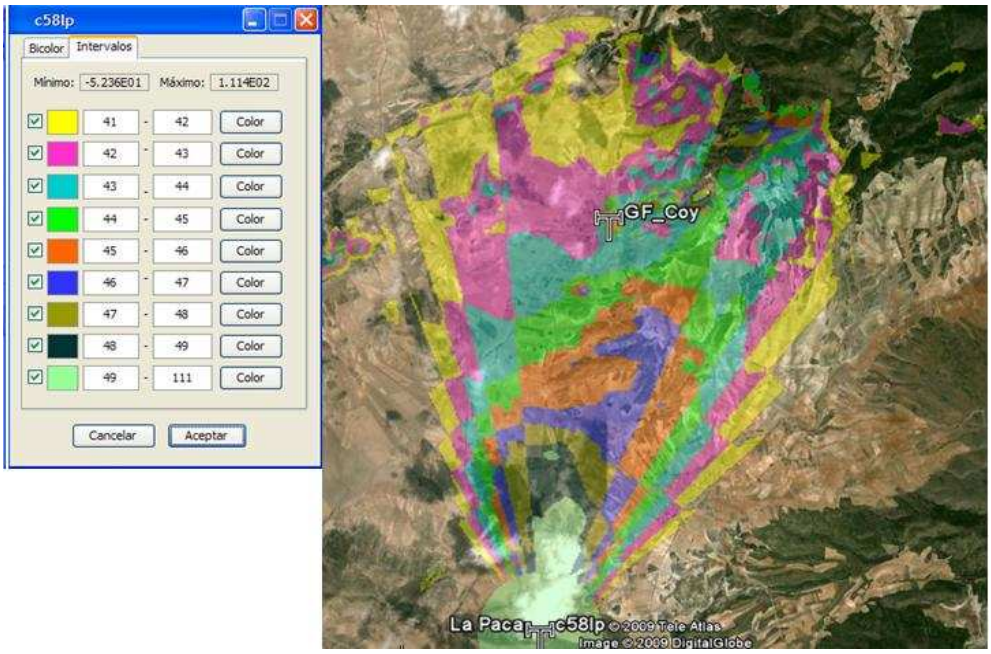


Figura 54: Cálculo de la intensidad de campo de un canal analógico.

5.3.2.6 Protecciones radioeléctricas.

Por último, en los últimos puntos del primer apartado de la memoria, se describen las distancias de protección radioeléctrica de las emisiones. Como en este caso se trata de una zona rural aislada (tipo ER5), no es necesaria la medida de los niveles de exposición radioeléctrica en el entorno de la estación.

Sin embargo, sí hay que tener en cuenta que el volumen de referencia no incida en zonas con presencia habitual de personal, y que el nivel de exposición máximo que podría aportar la estación en la más próxima de dichas zonas es inferior al nivel de decisión.

Para la determinación del volumen de referencia, en primer lugar se calcula la distancia mínima de protección, dada por la siguiente fórmula:

$$Dmax = \left[\frac{M * PIRE}{4\pi Smax}\right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde M tiene un valor de 2,56 para condiciones de reflexión típicas (M= 1 en ausencia de reflexión, M=4 en el peor caso (combinación de fase)); la PIRE tiene un valor en W para los 6 múltiples de 14,76W; mientras que S_{max} vale 2,69 W/m^2 para el caso de la peor frecuencia que en este caso es de 786 MHz. Todo ello nos proporciona un resultado de 1,057m. (Ver plano nº7, punto A.2.7)

Posteriormente se evalúa la distancia de campo lejano, la cual viene dada por la fórmula $d=3\lambda$, siendo λ la longitud de onda de la frecuencia en estudio, que para el peor caso es 786, con lo que d= 1,4563m.

Una vez calculados la distancia mínima de protección radioeléctrica y la distancia de campo lejano, se calcula el volumen de referencia partiendo de la aproximación más pesimista , es decir, como una esfera centrada en el centro eléctrico de la antena y de radio, en este caso, a la distancia de campo lejano, es decir, 1,4563m

Esta distancia es inferior a 250 m, distancia a la que se encuentra la zona de presencia habitual de personas más cercana a la estación. (Ver plano nº8, punto A.2.8)

5.3.2.7 Protecciones de seguridad de la estación emisora.

En este apartado del proyecto técnico, se describen diversos aspectos relativos a la seguridad de la estación emisora, como son la descripción de los sistemas de protección frente a descargas eléctricas, los sistemas de detección y protección frente a incendios, descripción del vallado perimetral del recinto de la estación, líneas de vida o las protecciones eléctricas.

5.3.2.8 Planos.

En el segundo apartado del proyecto técnico (punto A.2), se recogen los planos necesarios en todo proyecto, los cuales se han ido comentando a lo largo de los puntos anteriores.

Comentar, que en el plano nº 1 se recoge un mapa topográfico a escala 1:50000 de la ubicación de la estación emisora. En los planos 2 y 3 se muestran la planta y el alzado de la estación respectivamente, con sus medidas correspondientes. El esquema de conexionado de todos los equipos puede consultarse en el plano nº 4. Los diagramas de radiación vertical y horizontal del sistema radiante, se muestran en los planos 5 y 6, respectivamente. El plano nº 7, muestra un esquema de la distancia mínima de protección radioeléctrica, que se complementa con el plano nº 8, el cual muestra el volumen de referencia de la estación. Por último, en el plano nº 9, podemos observar el área de cobertura prevista que proporcionará el *gap-filler*.

5.3.2.9 Pliego de condiciones técnicas.

Este tercer apartado del proyecto técnico, recoge el certificado de conformidad y marcado CE de los equipos, así como las características técnicas genéricas y completas

de los equipos: equipo transmisor, receptor, sistema radiante y la torre soporte de la antena.

Además se incluye un subapartado que recoge las características de los elementos de protecciones de seguridad de las estaciones, como son la torre soporte de las antenas, el armario o caseta para el alojamiento de los equipos y cerramientos. También se ha incluido el estudio básico de seguridad laboral a tener en cuenta durante la construcción de la obra.

Por último, se ha recogido la normativa y legislación que se ha tenido en cuenta para el desarrollo de este proyecto técnico de estación reemisora de televisión digital terrestre.

5.3.2.10 Presupuesto.

Una vez sabidos todos los equipos y materiales necesarios para la implantación de la estación emisora, se ha elaborado un presupuesto detallado de cada uno de los sistemas.

En este caso, el presupuesto total de la obra asciende a 18.047,00€; que como vemos es una cantidad asequible que permite proporcionar cobertura de TDT a poblaciones aisladas, sin necesidad de invertir grandes cantidades de trabajo.

6. Conclusiones y líneas de trabajo futuras

La primera, y más importante, conclusión que se puede extraer de este proyecto, es que ante el inminente cese de las emisiones analógicas, un gran número de la población española no está preparada para la recepción de la Televisión Digital Terrestre.

Esto se ha demostrado con los cálculos de cobertura realizados en el municipio de Lorca, aunque se podría extrapolar al resto del territorio nacional; pero además, durante el proceso de investigación y recopilación de datos llevado a cabo por el proyectista, éste ha encontrado deficiencias bastante importantes en este campo, ya que son muchos los centros emisores que no se encuentran en funcionamiento, bien por falta de presupuesto o bien por falta de voluntad política. La TDT, es un tema que llevan estrechamente las Administraciones y unas pocas empresas, por lo que el acceso a la información necesaria para hacer este proyecto ha sido muy complicado.

Respecto a los objetivos propuestos al comienzo de este trabajo, el autor de este proyecto los considera alcanzados:

- En primer lugar, se ha estudiado a nivel general diversos aspectos de la TDT, describiendo su funcionamiento y ventajas e inconvenientes; punto éste, el cual perciben los usuarios de este servicios.

- Seguidamente, se estudió el estándar en el cual está basada la TDT, el estándar DVB-T, explicando previamente los orígenes de este proyecto llevado a cabo por varios países a nivel mundial, y comparándolo con otros estándares desarrollados en otros países. Para una mejor comprensión del resto del proyecto, se presentaron todos los detalles de la implementación del estándar DVB-T: métodos de compresión y codificación de datos, tipos de redes, aspectos de transmisión,…Esta parte del proyecto, quizás fue la más ardua del mismo pero, es el pilar básico en el cual se sustenta el resto del proyecto.

- En tercer lugar, se describió la situación y los parámetros elegidos en España, junto con la legislación vigente; para posteriormente indagar en la situación existente en la Región de Murcia, y más en concreto en el municipio de Lorca, objeto de aplicación del proyecto técnico.

- Una vez finalizada la parte teórica y de recopilación de la información necesaria, se pasó a aplicar todo lo estudiado a un caso real, para lo cual se explicaron todas las pruebas realizadas, así como las soluciones implementadas, justificando todas las decisiones tomadas, y que posteriormente serviría para completar el proyecto técnico de estación reemisora de TDT. En este punto, destacar los amplios conocimientos adquiridos en el manejo de herramientas de predicción de cobertura, como el caso de *RadioEarth*, y en la medición de

señales llevada a cabo a través de las pruebas de campo realizadas con el medidor de campo.

Como líneas de trabajo futuras, el autor propone una revisión de las medidas efectuadas, una vez haya finalizado el periodo de transición en la implantación de la TDT en España, no por la validez de las mismas, ya que están ampliamente verificadas; sino por la incertidumbre que siempre existe al implantar una nueva tecnología, donde lo que en este momento es válido, en otro momento puede variar.

Es el caso de los aspectos de transmisión adoptados en Europa y, por consiguiente, en España, que una vez puesta en marcha la totalidad de la TDT, pueden surgir deficiencias que hagan cambiar estos aspectos, ya que por ejemplo se está trabajando en el estándar DVB-T2 o en la implantación de la TDT a través de satélites.

Por lo tanto, este proyecto servirá de guía, para futuras modificaciones que se puedan efectuar, esperando que facilite la labor a futuros interesados en el apasionante mundo de la Televisión Digital Terrestre; pudiendo empezar con la realización de proyectos técnicos del resto de zonas estudiadas del municipio de Lorca, y que todavía no reciben la señal de TDT.

Por último, comentar la pequeña aportación que ha hecho este proyecto, en la mejora de la herramienta de predicción de cobertura *RadioEarth*, que ha servido para pulir pequeños defectos, añadir nuevas funcionalidades y hacer de este software, una herramienta robusta y de gran utilidad para futuros usuarios.

7. Referencias Bibliográficas.

[1] Grupo de investigación SiCoMo (UPCT): www.radiatio.com

[2] ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-06): "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial Television".

[3] *DVB Project:* www.dvb.org

[4] *ETSI:* www.etsi.org

[5] ISO/IEC 13818 (Parts 1 to 3): "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information".

[6] ETSI EN 300 468 V1.3.1 (1998-02): "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems".

[7] ETSI TR 101 190 V1.1.1 (1997-12): "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects".

[8] ETSI TR 101 154 V1.4.1 (2000-07): "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications".

[9] ETSI TR 101 211 V1.6.1 (2004-05): "Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines on implementation and usage of Service Information (SI)".

[10] ATSC Forum: http://atscforum.org

[11] *ATSC*: www.atsc.org

[12] DiBEG: www.dibeg.org

[13] ARIB: www.arib.or.jp

[14] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: www.mityc.es

[15] Radio Televisión de la Región de Murcia: www.tvrm.es

[16] www.tdt.es

[17] www.tdt1.es

[18] www.itu.int

[19] Televisión Digital Terrestre: Aplicaciones y Proyectos Técnicos. Aspectos de Transmisión (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación).

[20] Digital terrestrial television broadcasting designs, systems and operation. Autor: Dambacher, Paul. Editor: Springer-Verlag.

[21] Understanding digital terrestrial broadcasting. Autor: O'Leary, Seamus. Editor: Artech House.

[22] www.tdt-aguilas.com

Anexos

A. Proyecto de estación reemisora (*gap-filler*) de Televisión Digital Terrestre.

A.1 Memoria.

A.1.1 Datos Generales: Datos del titular de la instalación.

Nombre	Ayuntamiento de Lorca
NIF/CIF	12345657A
Domicilio. Tipo de Vía	PZ
Domicilio. Nombre de vía	España
Domicilio. Número	1
Domicilio. Localidad	Coy
Domicilio. Término municipal	Lorca
Domicilio. Provincia	Murcia
Domicilio. Código Postal	30800
Teléfono	968 479 700
Fax	-
Correo electrónico	aytolorca@lorca.es

Tabla 24: Datos del titular de la instalación.

A.1.2 Características generales de la estación transmisora. Características técnicas generales de la estación transmisora: Datos del titular de la instalación

A.1.2.1 Nombre de la estación.

Nombre de la estación	GF_Coy

Tabla 25: Nombre de la estación.

A.1.2.2 Emplazamiento.

Emplazamiento	
Código de serie	1234ABC
Dirección: tipo de vía	-
Dirección: nombre de la vía	-
Dirección: número portal	-
Localidad	Coy
Término municipal	Lorca
Provincia	Murcia
Latitud	37N5653
Longitud	1W4836
Cota	903
Emplazamiento compartido	No

Tabla 26: Emplazamiento de la estación.

La ubicación prevista está próxima al lugar de Coy, en concreto se situará en un collado próximo a dicha localidad, llamado Cabezo de Coy. Para llegar al mismo, se puede acceder desde Lorca a través de la carretera C-3211 durante aproximadamente 30Km, para posteriormente incorporarse a la C-12 durante unos 7Km hasta llegar a Coy. Al llegar a la entrada de la población, se toma la primera calle a la derecha, llamada Calle de Las Escuelas Viejas, para posteriormente coger un camino que nos llevará al lugar del emplazamiento previsto. El acceso está asfaltado en su totalidad, excepto los últimos 100 m, siendo necesario el uso de un vehículo todo-terreno.

En el apartado 2, *Planos*, se adjunta un plano topográfico a escala 1:50.000 con la ubicación del reemisor.

A.1.2.3 Canal Radioeléctrico de trabajo y características de la emisión.

Frecuencia	
Valores de frecuencia	786
Unidad de la frecuencia	M
Canales radioeléctricos	60
Número de programas de TV	4
Estación de procedencia de la señal primaria	Carrascoy
Desplazamiento de portadoras	0
Sistema de modulación utilizado	64QAM
Código Convolucional (FEC)	2/3
Modulación jerárquica	No
Intervalo de guarda	1/4
Capacidad máxima ofrecida por el Interfaz Radio	19,91 Mbps

Número de canales emitidos en los múltiples digitales	4
Emisión apta para terminales DVB-H	No
Denominación de emisión. Anchura de banda necesaria.	8M00
Denom. de emisión. Tipo de modulación	X
Denom. de emisión. Naturaleza de la señal	7
Denom. de emisión. Tipo de información	F
Denom. de emisión. Detalle señal o señales	X
Denom. de emisión. Naturaleza multiplexión	F
Modulación de las portadoras	C2
Número portadoras e intervalo de guarda	H

Tabla 27: Características del canal radioeléctrico 60 (786MHz).

Frecuencia	
Valores de frecuencia	794
Unidad de la frecuencia	M
Canales radioeléctricos	61
Número de programas de TV	4
Estación de procedencia de la señal primaria	Carrascoy
Desplazamiento de portadoras	0
Sistema de modulación utilizado	64QAM
Código Convolucional (FEC)	2/3
Modulación jerárquica	No
Intervalo de guarda	1/4
Capacidad máxima ofrecida por el Interfaz Radio	19,91 Mbps
Número de canales emitidos en los múltiples digitales	4
Emisión apta para terminales DVB-H	No
Denominación de emisión. Anchura de banda necesaria.	8M00
Denom. de emisión. Tipo de modulación	X
Denom. de emisión. Naturaleza de la señal	7
Denom. de emisión. Tipo de información	F
Denom. de emisión. Detalle señal o señales	X
Denom. de emisión. Naturaleza multiplexión	F
Modulación de las portadoras	C2
Número portadoras e intervalo de guarda	H

Tabla 28: Características del canal radioeléctrico 61 (794 MHz).

Frecuencia	
Valores de frecuencia	834
Unidad de la frecuencia	M
Canales radioeléctricos	66
Número de programas de TV	4
Estación de procedencia de la señal primaria	Carrascoy
Desplazamiento de portadoras	0
Sistema de modulación utilizado	64QAM
Código Convolucional (FEC)	2/3
Modulación jerárquica	No
Intervalo de guarda	1/4
Capacidad máxima ofrecida por el Interfaz Radio	19,91 Mbps
Número de canales emitidos en los múltiples digitales	4
Emisión apta para terminales DVB-H	No
Denominación de emisión. Anchura de banda necesaria.	8M00
Denom. de emisión. Tipo de modulación	X
Denom. de emisión. Naturaleza de la señal	7
Denom. de emisión. Tipo de información	F
Denom. de emisión. Detalle señal o señales	X
Denom. de emisión. Naturaleza multiplexión	F
Modulación de las portadoras	C2
Número portadoras e intervalo de guarda	H

Tabla 29: Características del canal radioeléctrico 66 (634MHz).

Frecuencia	
Valores de frecuencia	842
Unidad de la frecuencia	M
Canales radioeléctricos	67
Número de programas de TV	4
Estación de procedencia de la señal primaria	Carrascoy
Desplazamiento de portadoras	0
Sistema de modulación utilizado	64QAM
Código Convolucional (FEC)	2/3
Modulación jerárquica	No
Intervalo de guarda	1/4
Capacidad máxima ofrecida por el Interfaz Radio	19,91 Mbps
Número de canales emitidos en los múltiples digitales	4
Emisión apta para terminales DVB-H	No
Denominación de emisión. Anchura de banda necesaria.	8M00
Denom. de emisión. Tipo de modulación	X
Denom. de emisión. Naturaleza de la señal	7
Denom. de emisión. Tipo de información	F
Denom. de emisión. Detalle señal o señales	X

Denom. de emisión. Naturaleza multiplexión	F
Modulación de las portadoras	C2
Número portadoras e intervalo de guarda	H

Tabla 30: Características del canal radioeléctrico 67 (842MHz).

Frecuencia	
Valores de frecuencia	850
Unidad de la frecuencia	M
Canales radioeléctricos	68
Número de programas de TV	4
Estación de procedencia de la señal primaria	Carrascoy
Desplazamiento de portadoras	0
Sistema de modulación utilizado	64QAM
Código Convolucional (FEC)	2/3
Modulación jerárquica	No
Intervalo de guarda	1/4
Capacidad máxima ofrecida por el Interfaz Radio	19,91 Mbps
Número de canales emitidos en los múltiples digitales	4
Emisión apta para terminales DVB-H	No
Denominación de emisión. Anchura de banda necesaria.	8M00
Denom. de emisión. Tipo de modulación	X
Denom. de emisión. Naturaleza de la señal	7
Denom. de emisión. Tipo de información	F
Denom. de emisión. Detalle señal o señales	X
Denom. de emisión. Naturaleza multiplexión	F
Modulación de las portadoras	C2
Número portadoras e intervalo de guarda	H

Tabla 31: Características del canal radioeléctrico 68 (850MHz).

Frecuencia	
Valores de frecuencia	858
Unidad de la frecuencia	M
Canales radioeléctricos	69
Número de programas de TV	4
Estación de procedencia de la señal primaria	Carrascoy
Desplazamiento de portadoras	0
Sistema de modulación utilizado	64QAM
Código Convolucional (FEC)	2/3
Modulación jerárquica	No
Intervalo de guarda	1/4
Capacidad máxima ofrecida por el Interfaz Radio	19,91 Mbps
Número de canales emitidos en los múltiples digitales	4

Emisión apta para terminales DVB-H	No
Denominación de emisión. Anchura de banda necesaria.	8M00
Denom. de emisión. Tipo de modulación	X
Denom. de emisión. Naturaleza de la señal	7
Denom. de emisión. Tipo de información	F
Denom. de emisión. Detalle señal o señales	X
Denom. de emisión. Naturaleza multiplexión	F
Modulación de las portadoras	C2
Número portadoras e intervalo de guarda	H

Tabla 32: Características del canal radioeléctrico 69 (858MHz).

A.1.2.4 Características técnicas de diseño de la estación transmisora, o, en su caso, de la red de estaciones.

A.1.2.4.1 Equipo o equipos transmisores.

***Gap-filler* 1**	
Marca	Tredess
Modelo	852003
Horario normal funcionamiento transmisor	00002359
Estabilidad del transmisor	U
Retardo temporal de sincronismo (µs)	0,03
Pot. Nominal máx. equipo transmisor. Unidad	W
Pot. Nominal máx. equipo transmisor.	0,152 (por múltiple)
Pot. de salida autorizada del equipo. Unidad	W
Pot. de salida autorizada del equipo.	0,101 (por múltiple)
Pérdidas en líneas de alimentación (dB)	1,5
Potencia radiada. Tipo	D
Potencia radiada. Unidad	W
Potencia radiada aparente máxima. Valor	1
Potencia radiada aparente nocturna. Valor	1
Frecuencias recepción en repetidores. Valor	794, 834,850
Frecuencias recepción en repetidores. Unidad	M
Canales de recepción en repetidores	61, 66, 68
Cancelador de ecos	Sí

Tabla 33: Características del equipo transmisor 1 (*gap-filler 1*).

***Gap-filler* 2**	
Marca	Tredess
Modelo	852003
Horario normal funcionamiento transmisor	00002359
Estabilidad del transmisor	U
Retardo temporal de sincronismo (µs)	0,03

Pot. Nominal máx. equipo transmisor. Unidad	W
Pot. Nominal máx. equipo transmisor.	0,152 (por múltiple)
Pot. de salida autorizada del equipo. Unidad	W
Pot. de salida autorizada del equipo.	0,101 (por múltiple)
Pérdidas en líneas de alimentación (dB)	1,5
Potencia radiada. Tipo	D
Potencia radiada. Unidad	W
Potencia radiada aparente máxima. Valor	1
Potencia radiada aparente nocturna. Valor	1
Frecuencias recepción en repetidores. Valor	786, 842, 858
Frecuencias recepción en repetidores. Unidad	M
Canales de recepción en repetidores	60, 67, 69
Cancelador de ecos	Sí

Tabla 34: Características del equipo transmisor 2 (*gap-filler 2*).

En el apartado "Planos" se incluye el esquema de conexionado del reemisor.

A.1.2.4.2 Cálculo de la potencia de salida del transmisor.

Para calcular la potencia de salida del equipo (P_s) se tienen en cuenta las siguientes expresiones:

$E\ (dB\mu V/m) = 77 + PRA\ (dBw) - 20log\ d\ (km)$

$P_s = PRA + At - G$

At=Pérdidas cables, latiguillos y conectores
G=Ganancia antena (λ/2) plano H – Atenuación plano V

Datos de emisión TDT- EQUIPO 1					
Marca	Tredess	**Modelo**	852003	**Pot. Salida(W)**	0,35 (por múltiple)
Programa 1	MFN		**Canal salida 1**	61	
Programa 2	SFN-1		**Canal salida 2**	66	
Programa 3	SFN-3		**Canal salida 3**	68	

Tabla 35: Datos de emisión equipo transmisor 1 (*gap-filler 1*).

Datos de emisión TDT- EQUIPO 2					
Marca	Tredess	**Modelo**	852003	**Pot. Salida(W)**	0,35 (por múltiple)
Programa 1	MUX. AUTONÓMICO		**Canal salida 1**	60	
Programa 2	SFN-2		**Canal salida 2**	67	
Programa 3	SFN-4		**Canal salida 3**	69	

Tabla 36: Datos de emisión equipo transmisor 2 (*gap-filler 2*).

Atenuación en el sistema radiante			
Tipo de cable línea de alimentación	Tredess Ref. 857211	**Longitud línea de alimentación (m)**	20
Atenuación en 100m (dB)	6.5	**Atenuación total del cable (dB)**	1.4
Tipo de cable latiguillos	Tredess Ref. 857200	**Atenuación total latiguillo (dB)**	0.1
Atenuación total del sistema radiante (dB)		1.5	

Tabla 37: Atenuación del sistema radiante.

Potencia de salida del transmisor = PRA + At - G			
PRA	Potencia radiada máxima (dBW)	Valor PRA	0
At	Atenuación total sistema	Valor At	1.5
G	Ganancia máxima sistema radiante (dBd)	Valor G	13.15
Ptr	Potencia de salida del transmisor (dBW)	Valor Ptr	-9.95
Ptr	Potencia de salida del transmisor (W)	Valor Ptr	0.101

Tabla 38: Potencia de salida del transmisor.

La potencia máxima de salida del equipo transmisor será tal que no permita obtener una PRA superior en un 50% a la máxima autorizada (según Normas de la SETSI).

PRA máxima autorizada por múltiple: 1W.

PRA máxima por múltiple que no debe poderse superar = 1.5 W = 1,76 dBW

P_{tr} máx. por múltiple = 1.76 dBW + 1.5 dB - 13.15 dBd = – 9.89dBW = 0.102 W

A.1.2.4.3 Descripción del sistema radiante utilizado.

El sistema radiante estará formado por dos paneles de dipolos orientados en dirección 270º, tomando como origen el Norte geográfico. El ángulo de inclinación de los paneles será 0º. La polarización utilizada será horizontal.

El diagrama de radiación del sistema radiante presenta una ganancia máxima de 13.15 dBd y una apertura en el plano horizontal a -3 dB de 63º, en la dirección de orientación del panel, por lo que el sector de radiación a -3 dB será 326º-29º. En el plano vertical presenta una apertura a -3 dB de 50º en cada sector de radiación.

A cada uno de los dos paneles emisores se conecta un cable Tredess 857211de 20 metros de longitud, que trae la señal desde el *gap-filler*. Dado que los conectores de entrada de los paneles son de tipo F hembra, es necesario terminar el cable con un conector F m. El otro extremo del cable se conectará mediante conector N h a un latiguillo de Tredess 857200 constituido por conector N m, cable RG 214, y conector BNC m que permite conectar con el equipo Tredess 852003 cuya salida dispone de conector BNC h.

A.1.2.4.3.1 Características del sistema radiante.

Características del sistema radiante			
Marca	IKUSI	**Modelo**	PRA-012
Impedancia (Ω)	75	**Potencia Máxima (W)**	10
Tipo Ganancia	D	**Ganancia Máxima (dBd)**	13.15
Apertura Horizontal (º)	63	**Apertura Vertical (º)**	50
Polarización	H	**Nº Paneles**	02
Orientación Panel 1 (º)	270	**Orientación Panel 2 (º)**	270
Sectores de Radiación a -3dB 1 (º)	326-29	**Sectores de Radiación a -3dB 2 (º)**	335-25
Ángulo Elevación Sector 1(º)	00	**Ángulo Elevación Sector 2 (º)**	00
Altura Física del Mástil (m)	17	**Altura centro Eléctrico Antena**	14
Altura efectiva Máxima Antena (m)	167		

Tabla 39: Características del sistema radiante.

A.1.2.4.3.2 Características de los cables.

Características de los cables			
Tipo de cable	Tredess 857211	**Impedancia característica(Ω)**	50
Atenuación en 100m (dB)	6.5	**Pot máx utilización a 100MHz (kW)**	3.94

Tabla 40: Características de los cables del sistema radiante.

A.1.2.4.3.3 Características de los latiguillos.

Características de los latiguillos			
Tipo de cable	LAT BNC m- RG214 Nm	**Atenuación (dB)**	0.1

Tabla 41: Características de los latiguillos del sistema radiante.

A.1.2.4.4 Torre o Mástil soporte de antenas.

La estructura soporte será un poste de hormigón de la marca Postes Nervión de altura 17m y situado sobre el terreno.

Las cargas al viento debidas a las antenas así como las dimensiones y características del hormigón para la cimentación serán las indicadas a continuación.

Sobre este poste se fijarán las antenas transmisoras cuyo centro eléctrico estará a 14metros sobre el terreno. Asimismo se fijará en la parte más alta del poste la antena receptora.

Los postes de hormigón se designan por su longitud total y por su esfuerzo nominal (representa el esfuerzo libre disponible según la dirección principal a la distancia de 0,25 m. por debajo de la cogolla), siendo los fabricados por Postes Nervión, S.A. los siguientes:

Longitudes y esfuerzos de los postes HV						
Esfuerzo nominal, *F* (daN)	Medidas cogolla (mm x mm)	Longitud (m)				
		9	11	13	15	17
160	110 x 145	x	x			
250		x	x	x		
400	140 x 200	x	x	x		
630		x	x	x	x	x
800		x	x	x	x	x
1000	170 x 255	x	x	x	x	x
1600		x	x	x	x	x

Tabla 42: Longitud y esfuerzo nominal de los postes de hormigón de la torre.

De los cuales se ha elegido uno de 17 metros de altura y con un esfuerzo libre disponible de 630 daN (6300 N).

La referencia de Postes Nervión del poste utilizado es HV 630 R 17 UNESA.

Cálculos de cimentación y esfuerzos:

ALTURA DEL MÁSTIL	17 metros
TIPO DE MASTIL	Hormigón armado vibrado HV 6030 R 17 UNESA de Postes Nervión S.A.
EXCAVACIÓN	90x90 cm^2 de base, por 170cm de profundidad
CIMENTACIÓN	Hormigón vibrado de fábrica de 250 Kg/cm^2. Volumen total: 1.46 m^3
ESFUERZOS	
Carga al viento de la antena receptora con velocidad del viento de 150 Km/h	150.5N
Carga al viento de las antenas transmisoras con velocidad del viento de 150 Km/h	1100 N/m^2 x superficie de ambos paneles = 1100 x 0.95= 1045N

Tabla 43: Cálculos de cimentación y esfuerzos de la torre.

La suma de los esfuerzos que actúan sobre el poste debidos a las antenas transmisoras y receptora es inferior al valor de 6300 N de esfuerzo libre disponible a 25 cm por debajo de la cogolla.

Existencia de estructura soporte	No		
Existencia de instalación analógica	No		
Espacio utilizable en estructura soporte	-		
Disponibilidad suministro eléctrico	Sí	Distancia (m)	100
Disponibilidad de estructuras de soporte eléctrico para obtención de desacoplo	No		
Proximidad de núcleo habitado	No	Distancia vivienda más próxima (m)	250

Tabla 44: Descripción del lugar donde se ubicará la torre.

El acceso al emplazamiento utilizando un vehículo no presenta dificultades reseñables. No existen viviendas ni núcleos de población muy próximos al lugar del emplazamiento, ni vegetación o árboles de gran tamaño que condicionen la altura de la torre a instalar.

Es necesario instalar una infraestructura de soporte del reemisor (torre de hormigón, armario o caseta y cerramiento), de acuerdo a las características especificadas en el Pliego de Condiciones.

A.1.2.4.5 Cálculo de las alturas efectivas.

Las alturas efectivas de la antena se definen como la altura del centro eléctrico de la antena sobre el nivel medio del terreno calculado entre las distancias de 3 y 15Km a partir de la base de la antena, y en los acimutes de que se trate. Es decir:

$h_{ef} = c + h - h_m$

donde h_{ef} es la altura eficaz, c la cota del emplazamiento, h la altura del centro eléctrico de la antena sobre el terreno en su base, incluyendo, en su caso, la altura del edificio sobre el que se instale y h_m el nivel medio del terreno. Todas se expresan en metros.

Este parámetro se calcula cada 10 grados desde el Norte geográfico (referencia de 0º) hasta los 35º, en el sentido de las agujas del reloj, obteniendo datos en 36 acimutes.

Dado que se trata de una antena directiva, se incluirá la pareja (acimut, altura efectiva) correspondiente al acimut de la dirección de máxima radiación, en sustitución del acimut más próximo en el intervalo de 10 grados.

Acimut (º)	**Altura (m)**	**Acimut (º)**	**Altura (m)**	**Acimut (º)**	**Altura (m)**	**Acimut (º)**	**Altura (m)**
0	8	**90**	-2	**180**	113	**270**	95
10	0	**100**	20	**190**	104	**280**	84
20	-60	**110**	39	**200**	135	**290**	70
30	-36	**120**	59	**210**	147	**300**	51
40	-65	**130**	74	**220**	144	**310**	31
50	-150	**140**	84	**230**	167	**320**	24
60	-162	**150**	91	**240**	124	**330**	38
70	-120	**160**	88	**250**	110	**340**	30
80	-54	**170**	96	**260**	99	**350**	9

Tabla 45: Alturas efectivas y acimut.

A.1.2.4.6 Polarización de las emisiones.

La polarización de las emisiones será horizontal.

A.1.2.4.7 Diagrama de atenuación.

El diagrama de atenuación se realiza según se indica en las “Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y de televisión)” publicadas por la SETSI, correspondientes a la versión 3.2 del 7 de enero de 2005.

Acimut	Atenuación (dB)	Tipo acimut	Nº sector	Acimut	Atenuación (dB)	Tipo acimut	Nº sector
0	0	SC	1	**180**	25	R	0
10	0.5	R	0	**190**	27	R	0
20	1	R	0	**200**	30	R	0
35	3	SF	1	**210**	30	R	0
40	5	R	0	**220**	28	R	0
50	6.1	R	0	**230**	27	R	0
60	12	R	0	**240**	24	R	0
70	15	R	0	**250**	23	R	0
80	24	R	0	**260**	24	R	0
90	30	R	0	**270**	30	R	0
100	24	R	0	**280**	24	R	0
110	23	R	0	**290**	15	R	0
120	24	R	0	**300**	12	R	0
130	27	R	0	**310**	6.1	R	0
140	28	R	0	**325**	3	SI	1
150	30	R	0	**330**	2.5	R	0
160	30	R	0	**340**	1	R	0
170	27	R	0	**350**	0.5	R	0

Tabla 46: Diagrama de atenuación.

En el apartado 3, *Pliego de Condiciones*, se adjuntan catálogos del fabricante en los que figuran los datos sobre ganancia, pérdidas, etc., de los elementos del sistema radiante (paneles, distribuidores, cables).

En el apartado 2, *Planos*, se adjuntan los diagramas de radiación horizontal en el plano de máxima radiación y el diagrama de radiación vertical en las direcciones de máxima radiación, así como el esquema eléctrico del sistema radiante proyectado.

A.1.2.4.8 Descripción de sistema de sincronización.

Las estaciones reemisoras de Televisión Digital Terrestre presentadas en este proyecto no necesitan ningún tipo de sincronización.

A.1.2.4.9.1 Señales y niveles de los múltiples de Televisión Digital Terrestre recibidos en los reemisores.

Se realiza el presente proyecto para la ejecución de la instalación de un reemisor *("gap-filler"*) que permita ampliar la cobertura de la señal de TDT de las entidades habilitadas

para la prestación del servicio de televisión digital terrestre, y que disponen de las autorizaciones administrativas correspondientes para difundir este servicio en la demarcación denominada "GP_COY". Concretamente se extenderá la cobertura a la localidad de Coy, en donde la recepción de la señal de televisión digital resulta actualmente deficiente y de baja calidad.

Localidad	Canal	Programas	Nivel (dBm)
Coy	60	7RM, TVM, Canal 6, Popular TV.	-71.9897
Coy	61	TVE1, La 2, Canal 24 Horas, Clan.	-72.1897
Coy	66	VeoTV 1, Sony Entertainment, Intereconomía TV, Teledeporte.	72.2397
Coy	67	Cuatro, CNN+, 40 Latino, La Sexta.	-73.4897
Coy	68	Telecinco, Telecinco 2, FDF, Disney Channel.	-73.9897
Coy	69	Antena 3, Neox, Nova, Hogar 10.	-74.9897

Tabla 47: Niveles de recepción de la TDT en las localidades estudiadas.

La instalación será ejecutada por la empresa Lorca Instalaciones SL, adjudicataria del concurso público promovido por el Ayuntamiento de Lorca, según resolución de fecha 2 de abril de 2009 y conforme a la redacción del presente proyecto técnico.

Igualmente, el mantenimiento de la instalación del *gap-filler* correrá a cargo del ayuntamiento de Lorca que será el responsable de mantener la instalación en correcto estado de funcionamiento según los parámetros indicados en el presente proyecto.

La zona de servicio a la que se pretende dar cobertura radioeléctrica se puede observar en el plano de cobertura adjuntado en la sección de Planos, a escala 1:50.000.

En dicho plano se puede observar que el área de cobertura abarca la localidad de Coy; llegando la cobertura hasta 1km de distancia del emplazamiento y acimut especificados en el proyecto.

La estación se encuentra en un monte situado sobre la población de Coy llamado Cabezo de Coy, al norte del municipio de Lorca. Debido a los problemas de cobertura de la zona, resulta necesaria la instalación de un *gap-filler* para posibilitar la recepción de TDT en las zonas de sombra.

Conocida la intensidad de campo recibida de la señal primaria en el emplazamiento, es necesario determinar si la potencia de entrada al reemisor está dentro de los márgenes dinámicos que tiene el *gap-filler* que se pretende instalar. Estos se encuentran entre -70 dBm y -20 dBm.

Partimos de los siguientes datos conocidos:

PRA (dBW)= 30 dBW *f = 822 MHz*
G_r= 17dB *Z_0 = 50 Ω*
A_t= 7 dB

donde la *PRA* es la emitida por la estación de donde se toma la señal primaria, G_r la ganancia de la antena receptora y A_t la atenuación introducida por los elementos que conectan la antena del sistema receptor del *gap-filler* con el sistema reemisor, incluyendo las pérdidas introducidas por el distribuidor que separa la señal para cada uno de los *gap-filler* (5dB), por el cable, por los latiguillos y por los conectores. Este valor es aproximadamente 7 dB.

Se toma como frecuencia la frecuencia central del ancho de banda que se reemite.

Teniendo en cuenta que el canal radioeléctrico de más baja frecuencia de los reemitidos es el 60 (que abarca de los 782 a los 790 MHz), y el de más alta frecuencia es el 69 (que abarca de los 854 a los 862 MHz), dicha frecuencia central será: (782 + 862) / 2 = 822MHz.

A continuación se presentan las expresiones utilizadas para realizar el cálculo:

E_r *(dBμV/m) = PRA (dBW) + 77 – 20log d (km)*
P_{in} *(dBm) = Er (dBμV/m) + K -107*
K = 31, 9 + G_r *-* A_t *– 20 log f (MHz)*

Teniendo en cuenta que el *gap-filler* toma la señal primaria de una estación situada en Carrascoy a unos 49 km de nuestro emplazamiento, obtenemos los siguientes resultados:

K=31,9+17-7-20log (822) =-16,39 dB
E_r *(dBμV/m) =30+77-20log (738) = 73,19dBμV/m*
P_{in} *(dBm)=73,19 + (-16,39) - 107 = -50,02 dBm*

La potencia de entrada al *gap-filler* se encuentra dentro del margen de funcionamiento (entre -70 dBm y -20 dBm).

Datos de recepción - Equipos			
	Marca	Modelo	Nº de serie
Medidor de campo	Televés	FSM 500	223344562398
Antena utilizada	Tecatel	ANT-TCF22	125422345666
Otros equipos	-	-	-

Tabla 48: Datos del medidor de campo utilizado para la recepción de la señal.

Datos de recepción señales TDT					
Procedencia	Acimut	Programas	Canal	Nivel(dBm)	BER
Carrascoy	120º	7RM, TVM, Canal 6, Popular TV.	60	-69.9777	1,07E-7
Carrascoy	120º	TVE1, La 2, Canal 24 Horas, Clan.	61	-75.1656	1,07E-7
Carrascoy	120º	VeoTV 1, Sony Entertainment, Intereconomía TV, Teledeporte.	66	-72.9676	1,07E-7
Carrascoy	120º	Cuatro, CNN+, 40 Latino, La Sexta.	67	-70.4677	1,07E-7
Carrascoy	120º	Telecinco, Telecinco 2, FDF, Disney Channel.	68	-75.6476	1,07E-7
Carrascoy	120º	Antena 3, Neox, Nova, Hogar 10.	69	-71.9453	1,07E-7

Tabla 49: Datos de recepción de las señales de TDT.

Datos de recepción señales TV analógica					
Procedencia	Acimut	Programa	Canal	Nivel (dBm)	C/N (dB)
La Paca	185º	7RM	43	-63.98970	32
La Paca	185º	Antena 3	48	-64.9897	30
La Paca	185º	Cuatro	50	-63.4897	35
La Paca	185º	Telecinco	56	-64.4897	29
La Paca	185º	TVE1	58	-64.4897	31
La Paca	185º	La 2	64	-62.9897	31

Tabla 50: Datos de recepción de las señales de TV analógica.

Como vemos, existen canales analógicos adyacentes a los múltiples digitales que queremos amplificar, cosa que deberemos tener en cuenta a la hora de mantener las relaciones de protección para evitar interferencias.

A.1.2.4.9.2 Características de la antena receptora y de los cables de transmisión.

A.1.2.4.9.2.1 Características de la antena receptora

Se utilizará una antena yagi orientada hacia la estación primaria situada en Carrascoy, que se encuentra en el acimut 120º. La posición de la antena yagi en la torre garantizará el aislamiento ß entre el sistema radiante y el receptor requerido por el fabricante del *gap-filler*, pues se cumple que G<ß-10.

El *gap-filler* utilizado cuenta con cancelador de ecos. Éstos se basan en tomar una muestra de la señal de salida, invertirla en fase y sumarla a la entrada. De esta forma, se consigue que la condición de aislamiento sea G<ß+5, es decir, 15 dB menos restrictiva que en el caso inicial.

Características de la antena receptora			
Marca	Televés	Modelo	1095
Impedancia (Ω)	75	Relación D/A	28
Apertura horizontal haz (º)	20-25	Apertura vertical haz (º)	20-25
Ganancia en canal 1 (dB)	17	Ganancia en canal 2 (dB)	17
Ganancia en canal 3 (dB)	17	Ganancia en canal 4 (dB)	17
Ganancia en canal 5 (dB)	17	Ganancia en canal 6 (dB)	17

Tabla 51: Características de la antena receptora.

A.1.2.4.9.2.2 Características del cable antena receptora-repartidor

Características de los cables			
Marca	Televés	Modelo	Ref. 2140
Tipo de cable	½”	Impedancia característica (Ω)	75
Atenuación en 100m	7		

Tabla 52: Características del cable antena receptora-repartidor.

A.1.2.4.9.2.3 Características del repartidor

Características del distribuidor			
Marca	Televés	Modelo	Ref. 4530
Impedancia (Ω)	75	Pérdidas de inserción (dB)	5
Tipo de conectores	F	Nº de salidas	2

Tabla 53: Características del repartidor.

A.1.2.4.9.2.4 Características del cable repartidor-demultiplexor

Características de los cables			
Marca	Televés	Modelo	Ref. 4358
Tipo de cable	Coaxial T-100	Impedancia característica (Ω)	75
Atenuación en 100m	15		

Tabla 54: Características del cable repartidor-demultiplexor.

A.1.2.4.9.2.5 Características del demultiplexor

Características del demultiplexor			
Marca	Tredess	Modelo	Ref. 858503
Impedancia (Ω)	50	Pérdidas de inserción (dB)	2
Tipo de conectores	BNC hembra	Nº de salidas	3

Tabla 55: Características del demultiplexor.

En el apartado 3, *Pliego de Condiciones*, se adjuntan los catálogos del fabricante con los datos sobre ganancia, pérdidas, etc., de los elementos del sistema receptor. En el apartado 2, *Planos*, se adjunta un croquis con el Esquema de Conexionado

A.1.2.4.9.3 Sistema de cancelación de ecos

El sistema de cancelación de ecos utilizados es el incluido en el transmisor utilizado, modelo 852003 de la marca Tredess.

A.1.2.4.10 Descripción del sistema de alimentación de energía de la instalación

El esquema seguido para el cuadro de alimentación del *gap-filler* en armario de intemperie es el siguiente:

- 1 magnetotérmico general de corte bipolar de 20 A para la alimentación de todo el conjunto, cuya misión es aislar la línea de acometida del sistema de alimentación propio del equipo.

- 1 transformador-separador 1:1. Se instala a continuación del magnetotérmico general y su misión consiste en aislar eléctricamente la alimentación general del circuito de alimentación del emisor y estabilizar el nivel de tensión a 220 V. El transformador consta de tres entradas cuyas espiras están dimensionadas en función de la tensión de entrada, de manera que en caso de recibir tensiones por debajo o por encima de 220 V, los diferentes bobinados regulan la tensión a dicho nivel. Además, dispone de un varistor en paralelo a la entrada de red, de manera que regula pequeñas oscilaciones de tensión y, en caso de sobretensión elevada, actúa como fusible, abriendo el circuito y cortando la alimentación general, protegiendo al equipo de mayores averías por sobretensión.

- 1 descargador electrónico contra sobretensiones. Se instala a continuación del transformador-separador y consiste en un circuito regulador de tensión conectado a la tierra general del sistema, que actúa derivando a tierra tensiones superiores a

la máxima tensión de trabajo.

- 1 magnetotérmico de corte bipolar para la alimentación del equipo emisor de 10 A, con diferencial autor rearmable asociado de una intensidad nominal de 25 A y sensibilidad de 30 mA.

- 1 magnetotérmico de corte bipolar de 10 A para alimentación de los enchufes de servicio.

- 2 enchufes de servicio para conexión de equipos de medida.

A.1.2.5 Cálculo de la cobertura radioeléctrica de la estación.

Población	Habitantes	Distancia (km)	Acimut	Elevación	Ghorizontal (dB)	Gvertical (dB)	PRA (dBW)	Nivel (dBµV/m)	Nivel (dBµV)
Coy	512	0.300	270º	0.25	0	0	0	96	78

Tabla 56: Datos de la cobertura radioeléctrica de la estación.

A.1.2.6 Protección de las instalaciones aeronáuticas, de las estaciones de socorro y seguridad, de los observatorios de radioastronomía y radiofísica, de las estaciones terrenas de seguimiento y control de satélites, de los centros de comprobación técnica de emisiones.

En conformidad con el artículo 8 del Reglamento de uso del dominio público radioeléctrico, aprobado por Orden de 9 de marzo de 2000, la obtención de los permisos o autorizaciones de emplazamientos para la instalación de estaciones de radiocomunicaciones, así como la protección de las servidumbres aeronáuticas, será responsabilidad y correrá a cargo del solicitante.

Adicionalmente, el artículo 29 del Decreto 584/1972, de 24 de febrero, sobre servidumbres aeronáuticas, establece que los Organismos del Estado, así como los provinciales y municipales, no podrán autorizar instalaciones en los espacios y zonas que constituyan servidumbres aeronáuticas sin previa resolución favorable del Ministerio competente.

Igualmente, el artículo 30 del citado Decreto establece que las personas naturales o jurídicas cursarán sus solicitudes de permisos en zonas sujetas a las servidumbres aeronáuticas a través del Ayuntamiento a cuya jurisdicción pertenezcan los terrenos, mientras que los Organismos estatales y Empresas o Entidades públicas podrán cursar sus solicitudes directamente ante la Administración Aeronáutica.

En consecuencia, el proyecto técnico para la instalación de estaciones de radiocomunicación no será aprobado mientras no se presenten los citados permisos y autorizaciones referentes a las servidumbres aeronáuticas obtenidas por los interesados, bien a través del Ayuntamiento a cuya jurisdicción pertenezcan los terrenos sujetos a servidumbres aeronáuticas, o bien directamente ante la Administración Aeronáutica, cuando se trate de entidades públicas.

En la zona de influencia del presente proyecto no existen instalaciones aeronáuticas, estaciones de socorro y seguridad, observatorios de radioastronomía y de astrofísica, estaciones terrenas de seguimiento y control de satélites, centros de comprobación técnica de emisiones, etc., que deban ser objeto de protección.

A.1.2.7 Protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

En este apartado se incluirán los estudios que deben realizarse para cada estación, para la protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas de conformidad con las condiciones establecidas por la legislación vigente (Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, de desarrollo del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas):

A.1.2.7.1 Cálculo y medida de los niveles de exposición radioeléctrica.

Atendiendo a la clasificación de las “Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y de televisión)” de la SETSI, este proyecto se trata de una estación tipo ER5. Por lo tanto, en este caso no es necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de estas estaciones, siendo suficiente la justificación de que el volumen de referencia no incide en zonas con presencia habitual de personas, y que el nivel de exposición máximo que podría aportar la estación en la más próxima de dichas zonas es inferior al nivel de decisión.

A.1.2.7.2 Estudio de los niveles de exposición en el entorno.

Según lo indicado en el apartado 3.9 de las Normas de la SETSI anteriormente mencionadas, debido a que el emplazamiento de la estación se corresponde con una zona rural aislada (estación tipo ER5), no será necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de dicha estación.

A.1.2.7.3 Determinación del volumen de referencia.

A.1.2.7.3.1 Distancia mínima de protección

Se calcula la distancia mínima de protección a partir de la siguiente fórmula,

$$Dmax = \left[\frac{M * PIRE}{4\pi Smax}\right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde,

M = 2,56 (condiciones de reflexión típicas)
S_{max} (W/m^2) = 2,69 (para el caso peor: frecuencia = 786 MHz)
*PIRE (W) (para los 6 múltiplex) = 1,64*6*1,5 = 14,76 W*

El resultado es que D = 1.057 m.

A.1.2.7.3.2 Distancia de campo lejano

La ORDEN CTE/23/2002, de 11 de enero, dispone que:

Como criterio práctico y aproximativo, para establecer el límite entre «campo cercano» y «campo lejano», se establece, para frecuencias inferiores a 1 GHz:

Si d > 3λ ; «campo lejano».

Si d < 3λ ; «campo cercano».

donde d es la distancia desde el punto de medida a la antena cuya emisión se pretende medir y «lambda» es la longitud de onda de la frecuencia en estudio.

Evaluado para el caso peor, es decir, frecuencia de 618 MHz, la distancia de campo lejano será:

$$d= 3*3*10^6 / 786*10^6 = 1.14563 \text{ m}$$

A.1.2.7.3.3 Volumen de referencia.

Se calcula el volumen de referencia a partir de la aproximación más pesimista, es decir, como una esfera centrada en el centro eléctrico de la antena y de radio, en este caso, a la distancia de campo lejano, es decir, 1.14563m

Esta distancia es inferior a 250 m, distancia a la que se encuentra la zona de presencia habitual de personas más cercana a la estación.

A.1.2.8 Protecciones de seguridad de la estación transmisora.

A.1.2.8.1. Descripción de los sistemas de protección frente a descargas eléctricas.

Se han instalado para protección frente al rayo una toma de tierra formada por un cable de cobre de 50 mm^2 de sección a 4 picas de cobre enterradas, formando un anillo a unos 2 m en torno al poste soporte, y valor de resistencia eléctrica recomendado no superior a 20.

Se ha optado por la instalación de un descargador electrónico contra sobretensiones, que consiste en un circuito regulador de tensión conectado a la tierra general del sistema y que deriva a tierra las tensiones superiores a la máxima tensión de trabajo.

Junto a este sistema se han instalado otras protecciones, como un sistema de puesta a tierra, interruptores diferenciales, interruptores magnetotérmicos, interruptores seccionadores con fusible, relés detectores de tensión o pararrayos.

A.1.2.8.2 Descripción de los sistemas de detección y protección contra incendios.

El sistema de detección de incendios emite una alarma para una rápida evacuación de las personas, posibilita el aviso al Departamento de Bomberos, y el rápido control del fuego incipiente por parte de personal entrenado. También puede servir para poner en funcionamiento otros mecanismos, como presurización de caja de escaleras, sistemas de extinción, etc.

En cuanto a la instalación de protección contra incendios, el sistema de extinción es fijo a base de agua, comprendiendo:

- Un suministro de agua almacenado y de uso exclusivo para incendios, que garantiza un abastecimiento de agua por un determinado tiempo mínimo.
- Un sistema de presurización del agua, que asegure en toda la instalación una determinada presión y caudal de agua.
- Un sistema de extinción fijo de tipo manual a base de hidratantes.
- Un sistema de extinción fijo de tipo automático a base de "*sprinklers*".
- Un sistema de extinción manual mediante extintores.
- Un sistema de detección y alarma.
- Un adecuado estudio de las vías de escape libre de obstrucciones, señalizadas correctamente.

A.1.2.8.3 Descripción de vallado perimetral del recinto de instalación.

Los equipos se alojarán en un armario o una caseta apropiada para este fin. En la construcción de esta caseta se tendrán en cuenta las condiciones especificadas en el Pliego de Condiciones.

Por motivos de seguridad se procederá al cerramiento de la parcela donde se instalará el reemisor. Este cerramiento se realizará de acuerdo a lo establecido en el Pliego de Condiciones.

A.1.2.8.4 Líneas de vida

Entre los riegos debidos al trabajo en altura destacan las caídas de personas a igual y distinto nivel, las caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, las caídas de objetos por manipulación y las caídas de objetos por desprendimiento.

Para la ejecución del presente proyecto se adoptarán las siguientes medidas de seguridad para trabajo en altura:

El andamio se organizará de forma constructivamente adecuada para que quede asegurada su estabilidad y las condiciones de trabajo de los operarios.

- Existencia de líneas de vida horizontales compuestas por un cable o raíl que va fijado a la pared o estructura mediante unos anclajes y una pieza corredera o carro que está diseñada de forma que no pueda salirse del sistema.

- Se desecharán los tablones con nudos o defectos peligrosos que comprometan su resistencia.

- La distancia de separación entre dos borriquetas, no será mayor de 1 metro, para tablones de 40 mm de espesor, de 1.50 metros para tablones de espesor comprendidos entre 40 y 50 mm; y de 2 metros, para tablones de 50 mm de espesor o más.

- Los tablones que constituyen el piso del andamio deberán estar unidos entre si, de forma que se impida la introducción de los pies de los trabajadores en posibles huecos intermedios.

- La anchura del piso del andamio será la precisa para la fácil circulación de los trabajadores y del adecuado almacenamiento de los útiles, herramientas y materiales imprescindibles para el trabajo a realizar en tal lugar.

- Las plataformas de trabajo que ofrezcan peligro de caída desde más de dos metros de altura estarán protegidas en todo su entorno por barandillas y plintos o rodapiés. No se deberán emplear andamios de borriquetas montados total o parcialmente sobre andamios colgados o suspendidos.

- El orden y la limpieza se cuidarán de manera especial alrededor de los andamios de borriquetas, evitándose el acopio de materiales, herramientas, etc.

- En los casos en que no existan medios de protección colectiva que garanticen la seguridad del operario, deberá usarse cinturón o arnés de seguridad u otro dispositivo anticaídas.

- En el Pliego de Condiciones se especifican cuáles son todos los riesgos laborales para estas instalaciones.

El riesgo eléctrico referido a personas supone la posibilidad de circulación de una corriente por el cuerpo humano. Para esto es necesario que concurra simultáneamente la existencia de un circuito eléctrico cerrado, que el cuerpo humano pertenezca a éste y que en el circuito eléctrico exista una diferencia de potencial o tensión. La gravedad de las lesiones aumenta con la intensidad de la corriente y con la duración del contacto eléctrico.

Los riesgos laborales debidos a instalaciones eléctricas podrán estar asociados a contactos eléctricos directos o indirectos. Los directos son aquellos en los que la persona entra en contacto con una parte activa de la instalación, que en condiciones normales puede tener tensión. Los contactos eléctricos indirectos son aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente.

Todo equipo o instalación eléctrica debe estar dotado de un sistema de protección contra contactos eléctricos directos y de otro para contactos eléctricos indirectos.

Durante la realización del proyecto se adoptarán los sistemas de seguridad que se describen a continuación.

A.1.2.8.5 Protecciones eléctricas

A.1.2.8.5.1 Sistemas de protección contra contactos eléctricos directos

- Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores.

- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación.

- Recubrimiento de las partes activas por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 miliamperio.

A.1.2.8.5.2 Sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos

- Separación de circuitos, mediante un transformador.
- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad, mediante un transformador de seguridad, 50V en emplazamientos secos y 24V en emplazamientos mojados.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección.
- Inaccesibilidad simultánea de elementos de protección.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Diferenciales. (Esquema TT). La aparición de un primer defecto de aislamiento provoca una tensión e intensidad de defecto de duración limitada, ya que se produce el disparo del dispositivo automático de corte. La sensibilidad del diferencial que se ha de instalar está en función del valor de la resistencia de tierra.
- Neutro aislado de tierra y dispositivos de corte automático. (Esquema IT). La aparición de un primer defecto de aislamiento provoca una corriente de defecto pequeña que no es capaz de generar tensiones de defecto peligrosas. Si el primer defecto no ha sido subsanado y aparece simultáneamente un segundo defecto, se produce un cortocircuito que provoca la intervención de los dispositivos de corte y la desconexión automática. Es preceptiva la conexión equipotencial del conductor de protección a todas las masas metálicas importantes, estructuras, tuberías, etc. Este sistema es apropiado para proteger cualquier instalación, siempre que se disponga de transformador propio y tiene la ventaja de que no detiene el proceso al primer defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
  (Esquema TN). Los defectos de aislamiento se transforman en cortocircuitos entre fase y neutro, provocando el funcionamiento rápido de los dispositivos de corte. Es preceptiva la conexión equipotencial del conductor de protección a todas las masas metálicas importantes, estructuras, tuberías, etc. Es un sistema adecuado para proteger

cualquier instalación, siempre que se disponga de transformador propio y no importe excesivamente que dispare al primer defecto.

Firmado: José Carlos Casas González

Ingeniero de Telecomunicación
Nº de Colegiado: 12345

A.2 PLANOS

A.2.1 Plano nº 1

Emplazamiento del Centro Emisor sobre plano topográfico 1:50.000

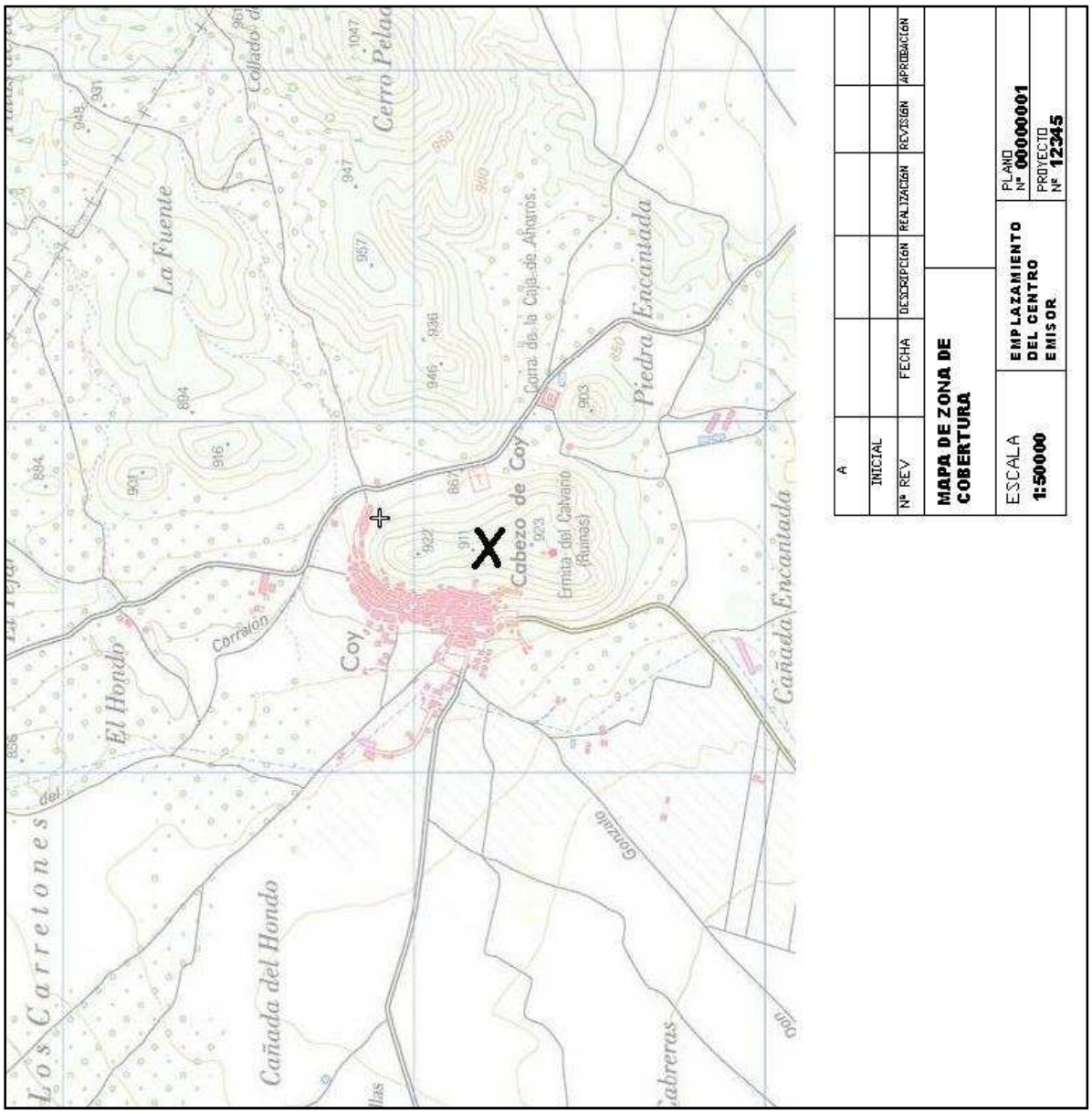


Figura 55: Plano 1: Emplazamiento del centro emisor (1:50000)

A.2.2 Plano nº2

Plano de planta

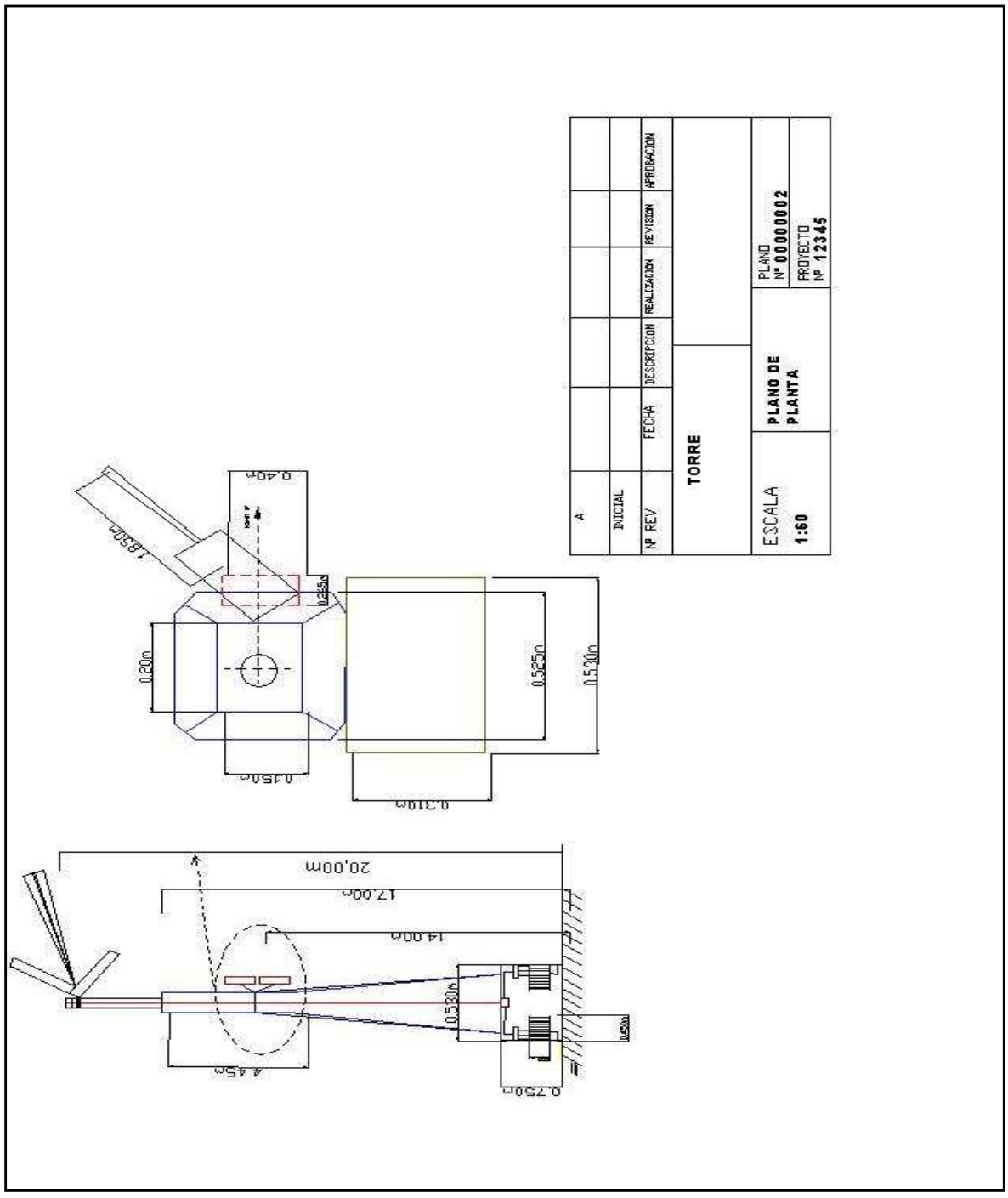


Figura 56: Plano 2: Plano de Planta.

A.2.3 Plano nº3

Plano de alzado

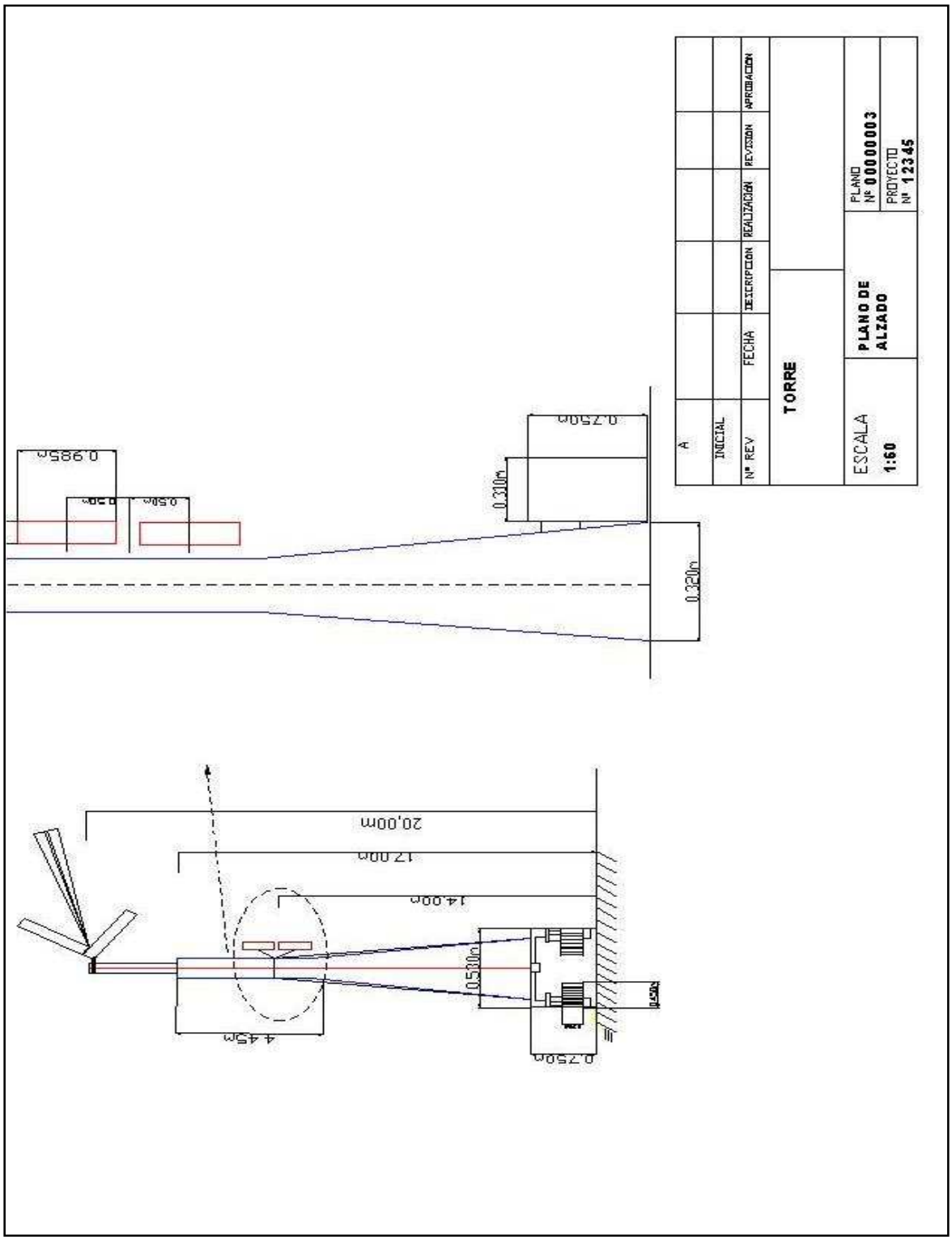


Figura 57: Plano 3: Plano de alzado.

A.2.4 Plano nº 4

Esquema de conexionado

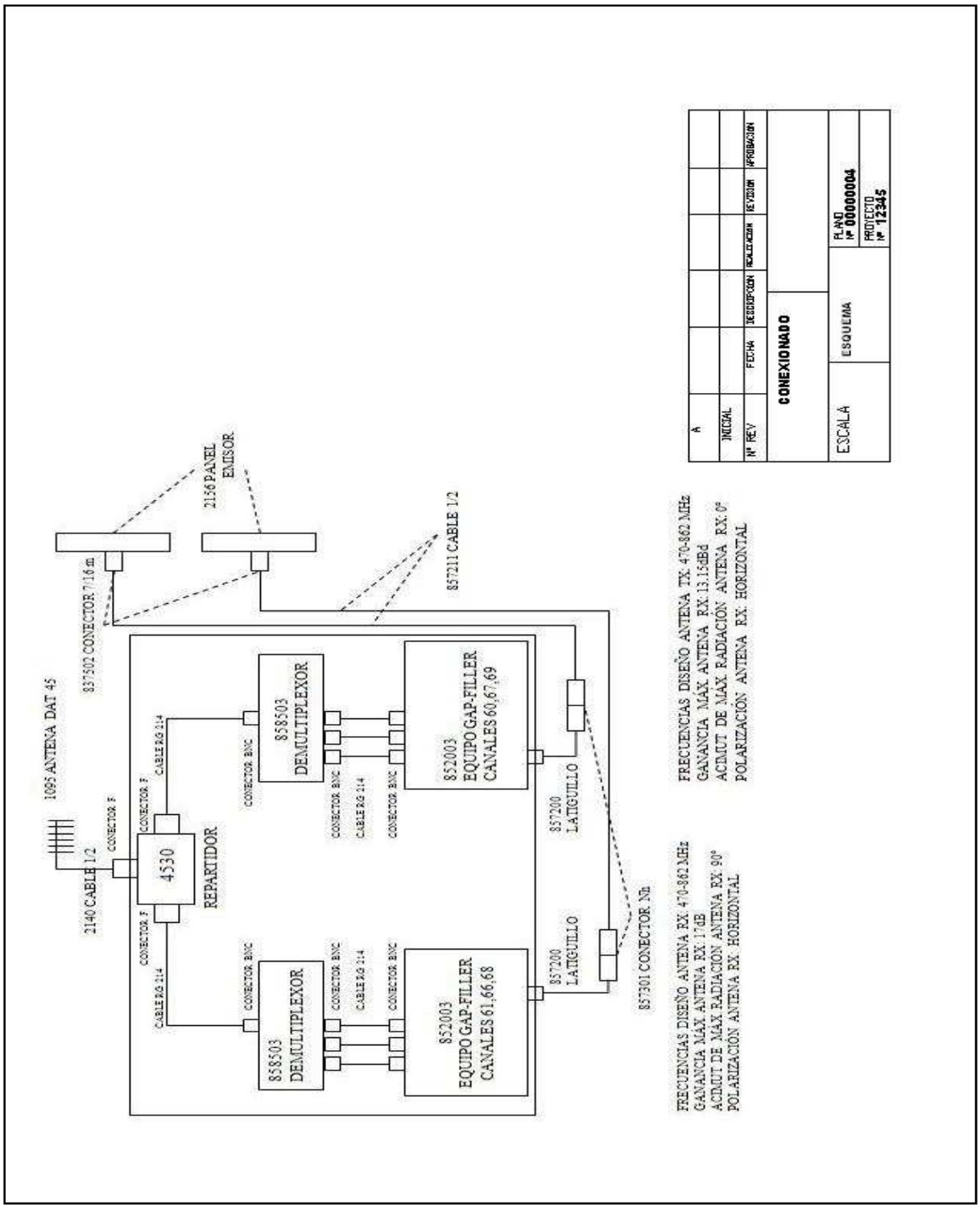


Figura 58: Plano 4: Esquema de conexionado.

A.2.5 Plano nº 5

Diagrama de radiación horizontal

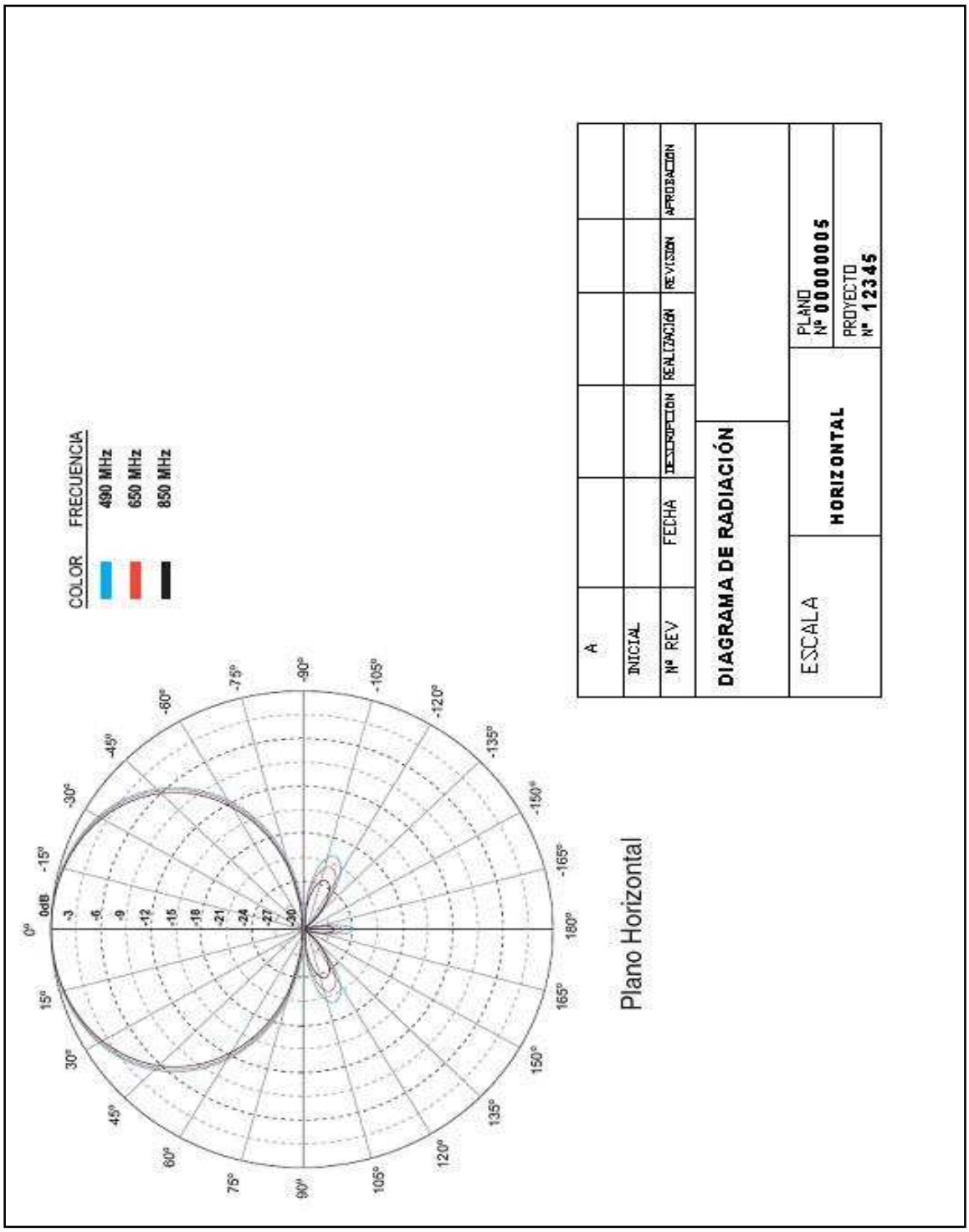


Figura 59: Plano 5. Diagrama de radiación horizontal

A.2.6 Plano nº 6

Diagrama de radiación vertical

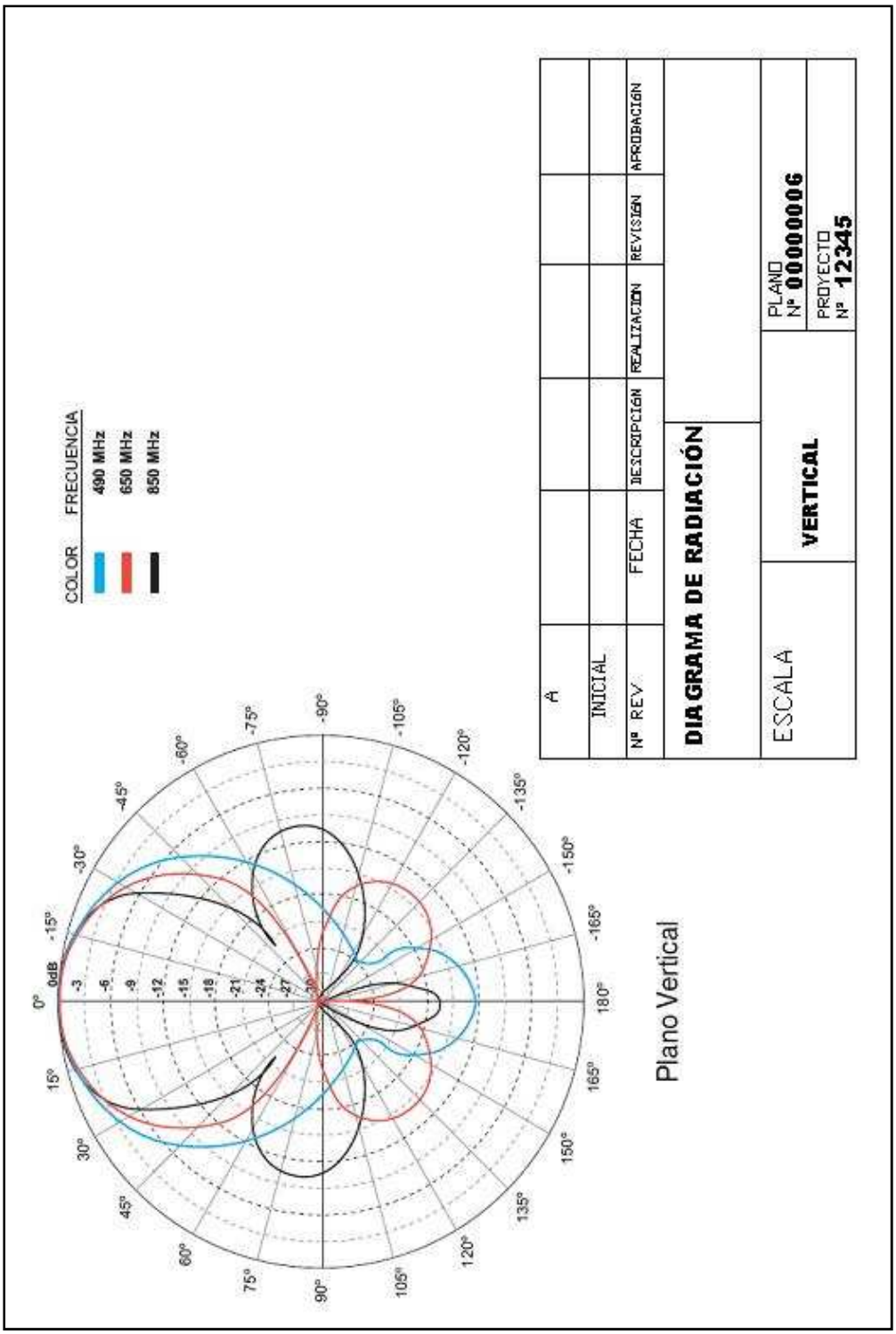


Figura 60: Plano 6. Diagrama de radiación vertical.

A.2.7 Plano nº 7

Distancia mínima de protección radioeléctrica

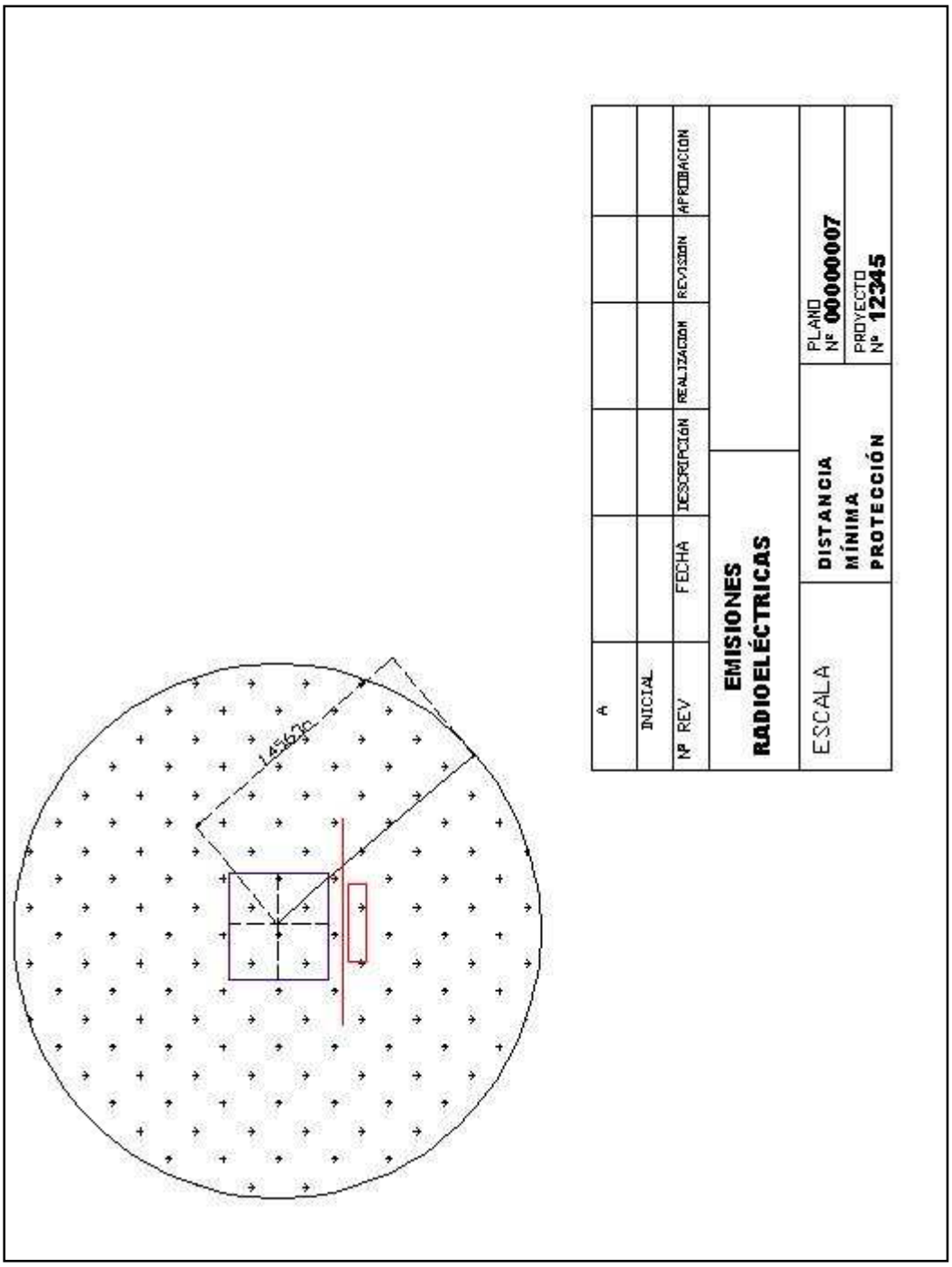


Figura 61: Plano 7. Distancia mínima de protección radioeléctrica.

A.2.8 Plano nº 8

Volumen de referencia

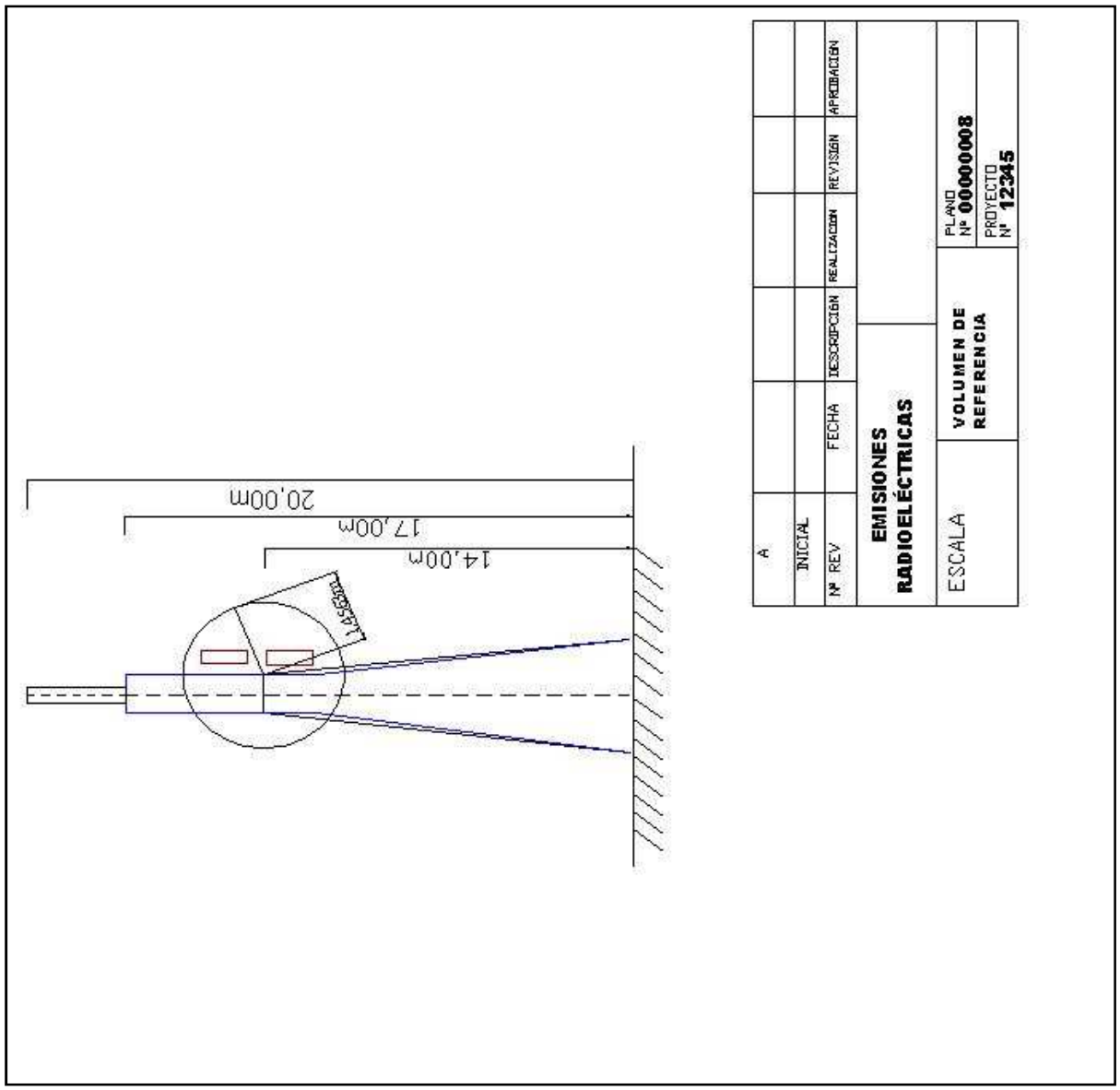


Figura 62: Plano 8. Volumen de referencia.

A.2.9 Plano nº 9

Contorno del área de cobertura prevista sobre plano(s) topográfico(s) 1:50.000

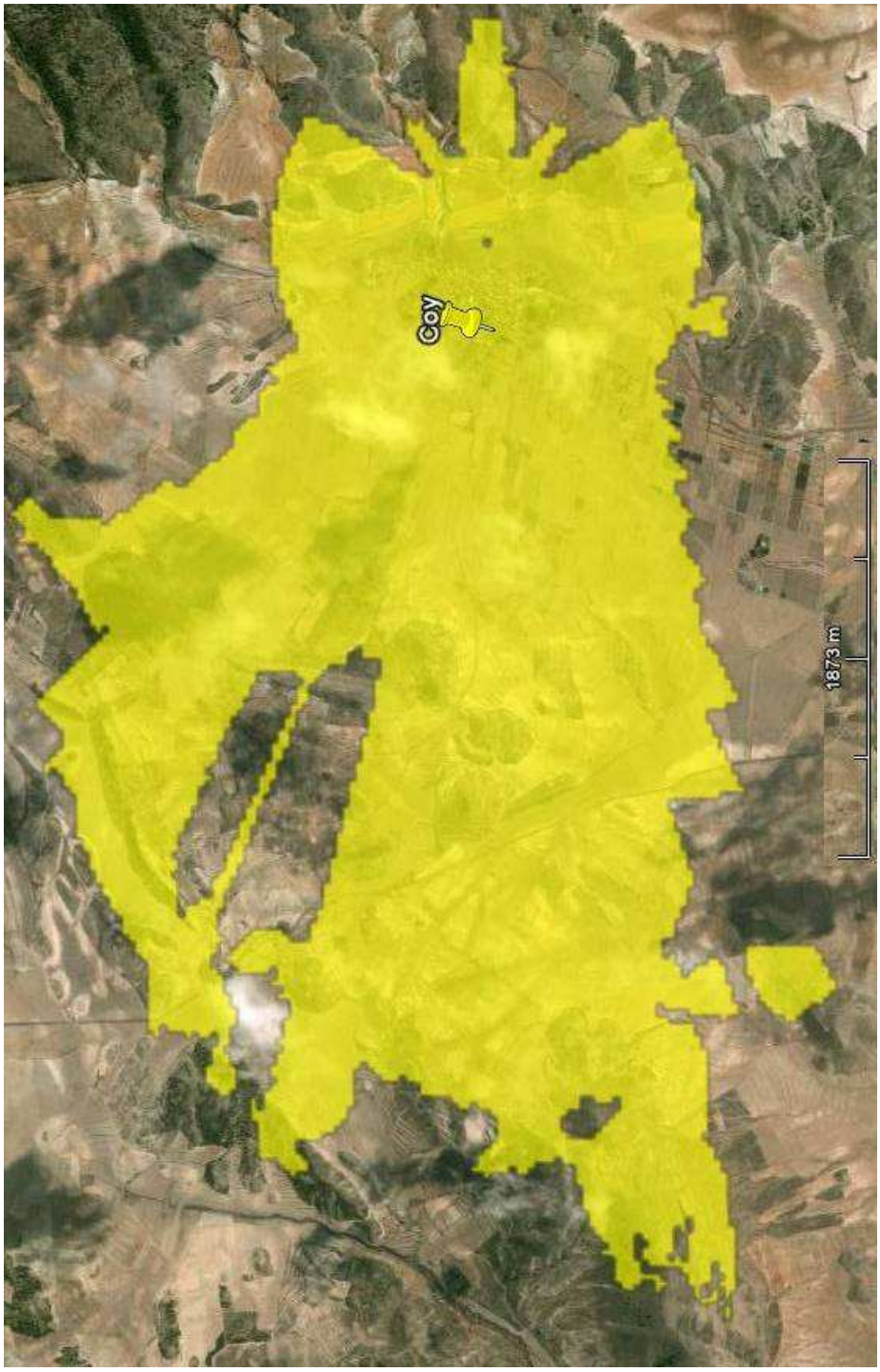


Figura 63: Plano 9. Contorno del área de cobertura prevista.

A.3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.

A.3.1 Certificados de declaración de conformidad y marcado CE de los equipos.

Se han tenido en cuenta las normativas y recomendaciones internacionales vigentes que definen las relaciones de protección interservicio, intraservicio y para cocanal y canal adyacente con el resto de servicios legalmente preexistentes.

En particular, se han seguido las directrices marcadas por los acuerdos de Chester de 1997 y la recomendación ITU-R 655, lo que garantiza un servicio libre de interferencias y el mantenimiento de las condiciones de calidad en las emisiones existentes antes de la instalación de la estación objeto del presente proyecto.

Se incorporan los certificados de declaración de conformidad y el marcado CE de todos los equipos y demás elementos de la estación, y se incluyen los catálogos de los fabricantes.

La utilización en la ejecución del proyecto de otro equipamiento diferente al previsto en la elaboración del proyecto y que, en todo caso, deberá cumplir las características técnicas contempladas en el proyecto, requerirá la presentación a la Administración General del Estado de toda la documentación pertinente antes del reconocimiento técnico de las instalaciones.

A.3.2 Características técnicas genéricas y completas del equipamiento.

A.3.2.1 Características del equipo transmisor.

Gap-Filler Gama Profesional Tredess Ref. 852003

Referencias	851001	851002	851003	851004	851005	851006
Denominación	RF-RF-1C-350mW DVB-T	RF-RF-2C-350mW DVB-T	RF-RF-3C-350mW DVB-T	RF-RF-1C-1W DVB-T	RF-RF-2C-1W DVB-T	RF-RF-3C-1W DVB-T
Referencias con DAE	852001	852002	852003	852004	852005	852006
Configuración						
Fuente de alimentación	1	1	1	1	1	1
Módulo excitador	1	2	3	1	2	3
Módulo amplificador	1	2	3	1	2	3
Filtro multiplexor	1	1	1	1	1	1
Entrada en RF						
Rango de frecuencia	BIV y BV					
Impedancia	50 Ohm.					
Conector	BNC Hembra					
Rango dinámico	-20 a -70 dBm (-40 a 120 dBµV)					
Pérdidas de retorno	> 12 dB					
Figura de ruido	< 8 dB					
Rechazo al canal adyacente	> 80 dB					
Salida en RF						
Rango de frecuencia	BIV y BV					
Potencia	350mW			1W		
Ruido de fase	>95dBc/Hz @ 1KHz (SFN); >80 dBc/Hz @ 1 KHz (MFN)					
Impedancia	50 Ohm.					
Pérdidas de retorno	> 18 dB					
Nivel de hombreras	>36 dB					
Radiaciones espurias fuera del canal	< -60 dBc					
Estabilidad de potencia	< ± 0,5 dB					
Conector	BNC Hembra					
Características generales						
Alimentación AC	220 Vac ± 15%					
Consumo AC	25 W	50 W	75 W	< 30 W	< 60 W	< 90 W
Factor de potencia	0,6					
Temperatura de funcionamiento	0 - 45 °C					
Humedad	95% (45 °C)					
Dimensiones y peso						
Dimensiones	5 unidades de altura en rack 19"					
Peso (3 canales)	< 10 Kg					
Cancelador de ecos						
Margen de ganancia (señal - eco)	-10 dB					
Ventana de cancelación	0 - 8 µseg					

Figura 64: Hoja técnica del *Gap-Filler Gama Profesional Tredess Ref. 852003*

A.3.2.2 Características del sistema receptor.

A.3.2.2.1 Características de la antena receptora.
(Televés Ref. 1095)

CARACTERISTICAS					
Referencia			**1095**	**1295**	**1145**	**1097**
Canales			21···69			
Ganancia		dB	17			19
Relación D/A		dB	28			32
Longitud		mm	1020			1825
Carga al viento	800 N/m²	N	109.5			144
	1100 N/m²		150.5			198

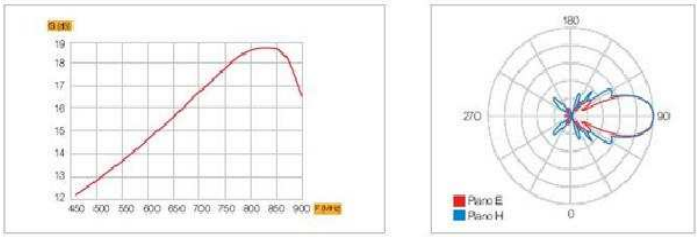


Figura 65: Hoja técnica de la antena receptora Televés Ref. 1095.

A.3.2.2.2 Características de los cables, conectores y latiguillos.
(Televés Ref. 2140 y Ref. 4358)

CABLES COAXIALES DE BAJA ATENUACIÓN					
Referencias			**2149**	**2159**	**2140**
Modelo			**TR165**		**1/2 pulgada**
Conductor central	diámetro Ø (mm)		1.63		2.7
	material		cobre		
	resistencia (Ω / Km)		9		3.2
Material del dieléctrico	material		polietileno expanso		
Lámina de blindaje	composición		aluminio + poliéster + aluminio		cobre + poliéster
Malla	material		aluminio		cobre
	resistencia (Ω / Km)		13		7
Lámina anti-migratoria			no		
Vaselina de estanqueidad			no		si
Cubierta exterior	diámetro Ø (mm)		10.1		15
	color		negro	blanco	negro
	material		PE	PVC	PE
Radio de curvatura mínimo	mm		50		75
RFI (EN50117)	%		>75		
Impedancia	Ω		75		
Metros / carrete	m		250		500
Atenuaciones					
Frecuencia (MHz)	200	dB/100m	5		3
	500		10		6
	800		12		7
	1000		14		8
	1350		17		10
	1750		19		11
	2050		20		12
	2150		20		13
	2300		22		14

Observaciones		
Cubierta	**Uso**	**Acrónimos**
PVC **PE**	uso interior uso exterior	**PVC**: cloruro de polivinilo **PE**: polietileno

Figura 66: Hoja técnica del cable antena receptora-repartidor Televés Ref. 2140.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.- CABLE COAXIAL T100											
Referencias			**2141**	**4357**	**2147**	**2155**	**2158**	**2150**	**4358**	**2151**
Conductor central	diámetro Ø (mm)		1.13							1.12
	material		cobre							
	resistencia (Ω / Km)		20					18		20
Material del dieléctrico	material		polietileno expanso							
Lamina de blindaje	composición		cobre + poliéster					Al + poliéster + Al		cobre + poliéster
Malla	material		cobre					Al		cobre
	resistencia (Ω / Km)		20					40		21
Lamina anti-migratoria			si							
Vaselina de estanqueidad			no							
Cubierta exterior	diámetro Ø (mm)		6.6							
	color		blanco		negro			blanco		
	material		PVC		PE			PVC		LSFH
Radio mínimo de curvatura	mm		33							
RFI (EN50117)	%		>75							
Impedancia	Ω		75							
Metros / carrete	m		100	250	100	100	250	100	250	100
Atenuaciones										
Frecuencia (MHz)	200	dB/100m	8					8		7
	500		12					13		12
	800		15					16		15
	1000		18					19		17
	1350		21					22		20
	1750		24					25		23
	2050		27					28		25
	2150		27					29		26
	2300		28					30		27

Observaciones			
Sheath	**Use**	**Acrónimos**	
PVC **PE** **LSFH**	uso interior uso exterior uso interior especial	**Al** :aluminio **PVC**: cloruro de polivinilo	**PE**: polietileno **LSFH** : Low Smoke Free Hallogen

Figura 67: Hoja técnica del cable antena receptora-demultiplexor Televés Ref. 4358.

(Tredess Ref. 857210)

Cables

Referencias	**857211**	**857210**
Denominación	**CBL-1/2"**	**CBL RG-214**
Impedancia	50 Ohm.	
Capacidad	76 pF/m	101 pF/m
Velocidad de propagación	88%	66%
Resistencia conductor interior	1,60 Ohm/Km	5,8 Ohm/Km
Resistencia conductor exterior	1,60 Ohm/Km	3,9 Ohm/Km
Conductor interior	Cu Al: 4,80 mm	Cobre: 2,25 mm
Dieléctrico	Polietileno SPE: 11,90 mm	POE (elastomer): 7,28 mm
Conductor exterior	Tubo corrugado: 1370 mm	Malla de hilo de Cu: 8mm
Cubierta exterior	Polietileno negro: 16 mm	PVC negro: 10,8 mm
Atenuación a 1000MHz	7,6 dB	24 dB

Figura 68: Hoja técnica del cable Tredess Ref. 857210.

(Tredess Ref. 857303 y 857304)

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.

Figura 69: Hoja técnica de los conectores de la antena receptora Tredess Ref. 857303 y 857304.

A.3.2.2.3 Características del repartidor.

(Televés Ref. 4530)

F CONNECTOR SPLITTERS							
References			4530	4532	4531	4534	4533
Band		MHz	5 - 1000				
No of outputs			2	3	4	6	8
Insertion loss	VHF	dB	5	7	9	10	12
	UHF	dB	5	7	9	10	12
Rejection between outputs		dB	15	20	15	20	15
Dimensions			52x50x20	74x50x20	74x50x20	123x60x20	123x60x20

Figura 70: Hoja técnica del repartidor Televés Ref. 4530.

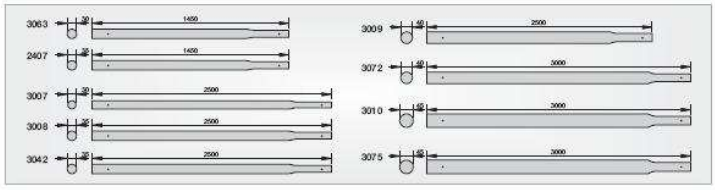
A.3.2.2.4 Características del demultiplexor.
(Tredess Ref. 858503)

Referencias	858501	858502	858503	858504	858505	858506
Denominación	1 canal	2 canales	3 canales	4 canales	5 canales	6 canales
Rango de frecuencia	470-860 MHz					
Impedancia	50					
Número de cavidades	3					
Pérdida de retorno entrada/salida	> 20 dB					
Ancho de banda	1 Canal TV (CCIR 8 MHz)					
Pérdida de inserción	2 dB					
Potencia máxima de entrada	5 W DVB-T / 25 W (analógico)					
Rechazo al canal N±3	> 25 dB					
Conectores entrada (hasta 6)	BNC hembra					
Conector salida	BNC hembra					

Figura 71: Hoja técnica del demultiplexor Tredess Ref. 858503.

A.3.2.2.5 Características del mástil y accesorios.
(Televés Ref. 3010)

GAMA DE PRODUCTOS		
REF.	DENOMINACIÓN	
3007	30 mm	2,5 m
3008	35 mm	2,5 m
3009	40 mm	2,5 m
3010	45 mm	3 m
3072	40 mm	3 m
3042	35 mm	2,5 m
3063	30 mm	1,45 m
2407	35 mm	1,45 m
3075	45 mm	3 m rojo



Referencias		3007	3008	3009	3010	3072	3042	3063	2407	3075[N]
Longitud		2500			3000		2500	1450		3000
Diámetro	mm	30	35	40	45	40	35	30	35	45
Espesor		1	1,5	2	2	2	1	1	1,5	2
Momento flector[*]	Nxm	149,85	299,70	508,75	656,75	508,75	207,20	149,85	299,70	656,75

Figura 72: Hoja técnica mástil antena receptora.

(Televés Ref. 2404)

GAMA DE PRODUCTOS	
REF.	DENOMINACIÓN
	Suplementos mástiles
2117	Suplem. mástil de ventana
	Chimenea
2411	Angular
2414	Tubular
2415	Tubular reforzado
	Pared Atornillables
2409	Escuadra
2401	300 mm "L" atornillable
2403	"V" c/tirante
2404	500 mm "U" atornillable
	Pared Empotrables
2402	300 mm "V"
2405	350 mm "I"
2406	500 mm "U" reforzado
2410	250 mm "I" reforzado

Figura 73: Hoja técnica soporte para mástil de antena receptora.

(Televés Ref. 2047)

GAMA DE PRODUCTOS	
REF.	DENOMINACIÓN
	Grapas
2000	Abierta
2011	Cerrada
	Complementos
2047	Grillete mordaza mástil Ø45
2408	Placa/brida vientos
2412	Cantonera
2413	Abrazadera
4361	Kit montaje vientos

Figura 74: Hoja técnica abrazadera antena receptora a mástil.

A.3.2.3 Características del sistema radiante.

A.3.2.3.1 Características del panel emisor.
(IKUSI PRA-012 Ref. 2156)

IKUSI

► MICRORREPETIDORES TV

«RA» — Gap-Fillers DVB-T y Microrrepetidores Digitales y Analógicos

Antena UHF de Emisión

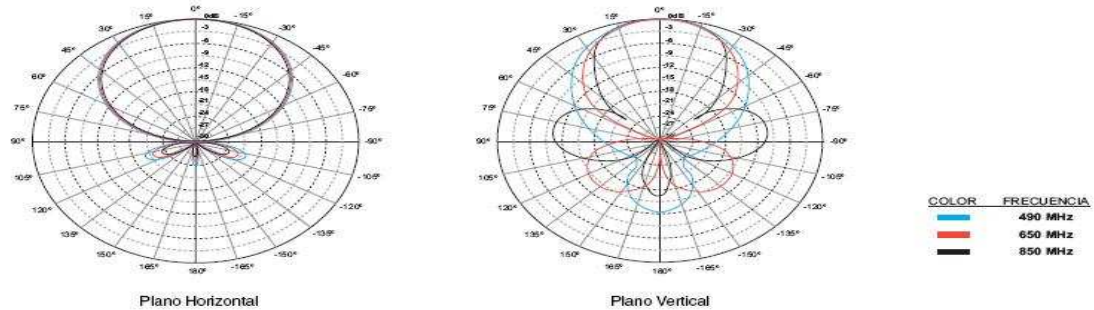
- Tipo panel. Radomo de HIPS *(high-impact polystyrene)*.
- Doble amarre a mástil ∅25 a 50mm. Angulo de inclinación regulable utilizando el kit DRA-020 (Ref. 2159).
- Impedancia 75Ω. Conexión tipo F.

PRA-012

Modelo		PRA-012
Referencia		2156
Banda de frecuencias	MHz	470 - 862
Polarización		Horizontal o Vertical
Número de dipolos		2
Impedancia	Ω	75
Ganancia	dBi	11
Angulo de abertura - plano horizontal	°	63
Angulo de abertura - plano vertical	°	50
Relación D/A	dB	≥ 25
Potencia máxima	W	10
Conector		F hembra
Carga frontal de viento a 150/200 km/h	N	190 / 340
Carga lateral de viento a 150/200 km/h	N	105 / 185
Dimensiones	mm	350 x 400 x 140
Peso	kg	3,5

KIT de Inclinación	DRA-020 Ref. 2159
• Incluye 1 brazo-fijo, 1 brazo-guía y 4 bridas para mástil Ø25 a 50 mm. La antena se fija a un tubo auxiliar (mástil secundario) no suministrado. • Inclinación de la antena regulable 0 a -30°.	

Diagramas de Radiación



Plano Horizontal

Plano Vertical

Figura 75: Hoja técnica del panel emisor IKUSI PRA-012 Ref. 2156

A.3.2.3.2 Características de cables, conectores y latiguillos.
(Tredess Ref. 857211)

Cables

Referencias	857211	857210
Denominación	CBL-1/2"	CBL RG-214
Impedancia	50 Ohm.	
Capacidad	76 pF/m	101 pF/m
Velocidad de propagación	88%	66%
Resistencia conductor interior	1,60 Ohm/Km	5,8 Ohm/Km
Resistencia conductor exterior	1,60 Ohm/Km	3,9 Ohm/Km
Conductor interior	Cu Al: 4,80 mm	Cobre: 2,25 mm
Dieléctrico	Polietileno SPE: 11,90 mm	POE (elastomer): 7,28 mm
Conductor exterior	Tubo corrugado: 1370 mm	Malla de hilo de Cu: 8mm
Cubierta exterior	Polietileno negro: 16 mm	PVC negro: 10,8 mm
Atenuación a 1000MHz	7,6 dB	24 dB

Figura 76: Hoja técnica de los cables del sistema radiante Tredess Ref. 857211

(Tredess Ref. 857302 y 857301)

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.

Figura 77: Hoja técnica de los conectores del sistema radiante Tredess Ref. 857302 y 857301.

(Tredess Ref. 857200)

Latiguillos

Referencias	857200	857201	857202	857206	857207	857203	857205	857204
Denominación	LAT BNCm-RG214 Nm	LAT BNCm-RG214 Nh	LAT Nm-1/2" Nm	LAT 7/16m-1/2" Nm	LAT 7/16m-1/2" 7/16 m	Nm ACOD-RC214 Nm	BNCm ACOD-RG214 Nm	Nm ACOD-1/2" Nm
Longitud	200 cm							

Figura 78: Hoja técnica de los latiguillos del sistema radiante Tredess Ref. 857200.

A.3.2.4 Características de la torre de soporte de antenas.

Las dimensiones de la torre soporte se muestran en los planos nº 2 y nº 3.

La torre de soporte consiste en un poste de hormigón armado vibrado con una geometría exterior troncopiramidal con sección tipo en I. Los dos primeros metros desde la cogolla son de sección rectangular, llevando en el resto del poste, cada cincuenta centímetros, un refuerzo, lo que hace que también en estos puntos las secciones sean rectangulares.

Las caras del poste se van ensanchando desde la cogolla hacia la base con un valor constante, distinto para las caras ancha y estrecha.

El poste utilizado en este caso es el HV 630 R 15 UNESA.

A.3.2.5 Características del cancelador de ecos.

El equipo transmisor utilizado en el proyecto cuenta con un cancelador de ecos integrado.

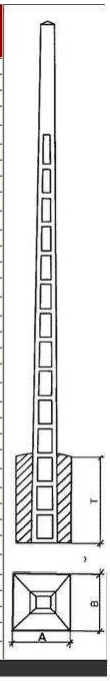
A.3.2.6 Características de los elementos de protecciones de seguridad de la estación.

A.3.2.6.1 Torre soporte de la antena.

La torre soporte de antenas cumple la legislación vigente en lo referente a seguridad mecánica y eléctrica. Una vez finalizada la instalación, se remitirá certificado de cumplimiento firmado por técnico competente y visado por el Colegio Profesional correspondiente.

Para la cimentación puede consultarse la tabla siguiente:

Esfuerzo útil	Altura	8	9	11	13	15	17
160	A (cm)	50	50	50	-	-	-
	B (cm)	50	50	50	-	-	-
	T (cm)	130	140	150	-	-	-
	Volumen excavación (m^3)	0,33	0,35	0,38	-	-	-
	Volumen hormigón (m^3)	0,35	0,37	0,40	-	-	-
250	A (cm)	40	50	50	50	-	-
	B (cm)	40	50	50	50	-	-
	T (cm)	130	140	150	160	-	-
	Volumen excavación (m^3)	0,21	0,35	0,38	0,40	-	-
	Volumen hormigón (m^3)	0,22	0,37	0,40	0,43	-	-
400	A (cm)	60	60	60	70	70	-
	B (cm)	60	60	60	70	70	-
	T (cm)	130	140	150	160	170	-
	Volumen excavación (m^3)	0,47	0,50	0,54	0,78	0,83	-
	Volumen hormigón (m^3)	0,50	0,54	0,58	0,83	0,89	-
630	A (cm)	80	80	80	90	90	90
	B (cm)	80	80	80	90	90	90
	T (cm)	140	150	150	160	170	180
	Volumen excavación (m^3)	0,90	0,96	0,96	1,30	1,38	1,46
	Volumen hormigón (m^3)	0,96	1,02	1,02	1,38	1,46	1,54
800	A (cm)	80	80	80	80	80	80
	B (cm)	90	90	100	100	100	100
	T (cm)	140	150	150	160	170	180
	Volumen excavación (m^3)	1,00	1,08	1,20	1,28	1,36	1,45
	Volumen hormigón (m^3)	1,06	1,15	1,26	1,35	1,44	1,54
1.000	A (cm)	80	80	90	90	90	90
	B (cm)	100	100	115	115	115	115
	T (cm)	150	150	160	170	180	190
	Volumen excavación (m^3)	1,20	1,20	1,66	1,76	1,86	1,97
	Volumen hormigón (m^3)	1,26	1,26	1,76	1,87	1,97	2,09
1.600	A (cm)	90	90	90	100	100	100
	B (cm)	120	120	120	130	130	130
	T (cm)	170	170	180	190	200	210
	Volumen excavación (m^3)	1,84	1,84	1,95	2,50	2,60	2,73
	Volumen hormigón (m^3)	1,95	1,95	2,07	2,65	2,76	2,90



Coeficiente de compresibilidad del terreno C_T= 10 Kp. /cm^3
Ángulo de giro de la cimentación limitado a tag a £ 0,01

Tabla 57: Cimentación de la torre soporte de la antena.

A.3.2.6.2 Armario o Caseta para alojamiento de los equipos.
(Tredess Ref. 857101)

Armarios de intemperie e interior

Referencias	857101	857102	857104/5/6/7
Material	Poliéster	Poliéster	Metálico
Color	RAL 7032	RAL 7032	RAL 7035
Cerradura con llave	Incluida de serie	Incluida de serie	Incluida de serie
Ventilación forzada	Incluida de serie	Incluida de serie	No incluida
Termostato	Incluido de serie	Incluido de serie	No incluido
Kit de conexionado eléctrico	Incluido básico	Incluido básico	Incluido básico
Kit de fijación a poste	Incluida de serie	-	-
Nº de unidades de altura	-	-	24/33/38/42
Puerta frontal transparente	-	-	Incluida de serie
Pies niveladores	-	-	Incluidos de serie

Figura 79: Hoja técnica de los armarios para el alojamiento de los equipos.

- El ambiente en su interior deberá ser seco y ventilado, asegurando que la temperatura del aire en su interior no supere los 35º. Para ello se practicarán dos aberturas, una a unos 25 ó 30 cm. por encima del nivel del suelo y otra en la parte alta, a un nivel superior al del equipo transmisor, a través de la cual se expulsará el aire por medio de un extractor. Es recomendable que el encendido de este extractor se realice mediante un interruptor termostático, reglado entre 22º y 25ºC.

- Toda abertura que se practique debe estar provista de una rejilla metálica, o, preferiblemente, de un filtro de aire contra el polvo.

- La puerta de entrada será metálica, reforzada y pintada con pintura antioxidante. En su parte inferior llevará una abertura de ventilación con filtro de aire. Estará provista de cerradura de seguridad y tiradores interior y exterior.

- Tanto el interior como el exterior irán pintados con pintura de buen poder cubriente, impermeable y resistente a los agentes atmosféricos.

- Desde el punto de vista climatológico, la caseta soportará:

    - Velocidades del viento de hasta 165 Km/h.

- Cargas de nieve de 150 Kg/m.
- Con variaciones exteriores de temperatura entre –10º y 40 º C, la temperatura interior no debe variar más que entre 0º y 25º C.
- La humedad relativa del aire en el interior de la caseta no deberá superar el 55 %.
- Será totalmente estanca no debiendo permitir que penetre la humedad en el interior.

- Desde un punto de vista eléctrico, la caseta estará constituida por una armadura metálica, con toma de tierra, que la convierta en una jaula de Faraday, para evitar todo efecto de las descargas eléctricas y fenómenos de inducción. Esta protección se conseguirá incluyendo en la estructura de la caseta una armadura metálica de mallazo con continuidad eléctrica, con tomas al exterior para su conexión con la malla de tierra.

A.3.2.7 Cerramiento.

En la construcción del cerramiento se tendrán en cuenta, al menos, las condiciones siguientes:

- Los extremos a hormigonar de puntales y tornapuntales, que constituyen el anclaje del cerramiento, deberán estar limpios de suciedad y óxido.

- El encofrado a emplear será de madera o metálico, adoptando en su ejecución los medios necesarios para su total rigidación durante el hormigonado. Su superficie será lisa sin coqueras.

- Todo el conjunto debe quedar lo suficientemente rígido, con las caras perfectamente rectas, bien aplomado y las esquinas en escuadra.

- Todos los elementos de la estructura metálica del cerramiento, incluso tornillos, tuercas, arandelas, cerrojos, malla, etc. Irán galvanizados.

- La pintura del cerramiento se realizará con una mano de imprimación “FOSIM”, dos componentes, o similar y dos manos de “DURCOL” dos componentes o similar.

A.3.3 Normativa aplicable y Legislación.

En la elaboración del presente Proyecto Técnico cabe destacar el cumplimiento del Anexo II de la Orden ITC/2212/2007, de 12 de julio por la que se establecen obligaciones y requisitos para los gestores de múltiples digitales de la televisión digital terrestre y por la que se crea y regula el registro de parámetros de información de los servicios de televisión digital terrestre, en el que se establece el "Contenido y estructura de los proyectos técnicos de estaciones de televisión digital terrestre de la disposición adicional segunda" (reemisores de TDYT), así como las "Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y de televisión)", publicadas por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

Se ha tenido en cuenta tanto la legislación vigente como las normativas y recomendaciones internacionales. Se resumen a continuación las más importantes:

A.3.3.1 Normativa y Recomendaciones:

- Recomendaciones ETSI:
    - ETS 300 468, "Specification for Service Information (SI) in DVB systems".
    - ETS 300 472, "Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams".
    - ETS 300 743, "Subtitling systems".
    - ETS 300 744, "Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television".
    - ETS 300 801, "Interaction channel through PSTN / ISDN". ETR 154, "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 systems; Video and audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications".
    - ETR 162, "Digital broadcasting systems for television, sound and data

Services; Allocation of Service Information (SI) codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems".

- ETR 211, "Digital broadcasting systems for television; Implementation guidelines for the use of MPEG-2 systems; Guidelines on implementation and usage of service information".

- ETR 289, "Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of scrambling and Conditional Access (CA) within digital broadcasting systems".

- ETR 290, "Measurement Guidelines for DVB Systems".

- ETSI TR 101 190, "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects".

- EN 302 304 "DVB-H system specification".

- TR 102 377 "DVB-H implementation guidelines".

- Recomendaciones ITU:

  - UIT-R P.370, "Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 y 1000 MHz. Servicios de radiodifusión".

  - UIT-R P.526, "Propagación por difracción".

  - UIT-R BT.655, "Relaciones de protección en radiofrecuencia para sistemas de televisión terrenal con modulación de amplitud de banda lateral residual interferidos por señales de imagen analógicas no deseadas y sus señales de sonido asociadas".

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

A.3.3.2 Legislación:

Según establecen las Normas, son aplicables al presente proyecto las siguientes disposiciones legales:

a) *"En cualquier caso, con carácter previo al comienzo de la prestación del servicio, tanto en gestión directa como indirecta, será requisito indispensable la aprobación ... de los correspondientes proyectos o propuestas técnicas de las instalaciones y la inspección de las mismas ..."* (artículo 26.6 de la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de las Telecomunicaciones).

b) *Con carácter previo al comienzo de la prestación de los servicios de radiodifusión sonora digital terrenal y de televisión digital terrenal, serán requisitos indispensables la aprobación de los proyectos y propuestas técnicas respecto de las instalaciones y la comprobación de que estas últimas se ajustan a la vigente normativa."* (Disposición adicional cuadragésima cuarta, apartado 3, de la Ley 66/1997, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social).

c) *"Los trabajos profesionales de… proyectos, ya sean ejecutados, total o parcialmente, y las modificaciones de los mismos han de ser sometidos por sus colegiados autores al visado colegial cuando hayan de ser presentados a la Administración pública para obtener el correspondiente informe, aprobación, adjudicación, concesión, autorización, permiso o licencia."* (Artículo 16 de los estatutos del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación aprobados por el Real Decreto 261/2002, de 8 de marzo).

d) *"Con carácter previo a la utilización del dominio público radioeléctrico, se exigirá preceptivamente, la inspección y el reconocimiento de las instalaciones con el fin de comprobar que se ajustan a las condiciones previamente autorizadas." (Artículo 45.4 de la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones).*

e) *"Los operadores que establezcan redes soporte de servicios de radiodifusión sonora y de televisión ... presentarán un estudio detallado, realizado por técnico competente, que indique los niveles de exposición radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones radioeléctricas en las que puedan permanecer habitualmente personas, ... los mencionados niveles de exposición ... deberán cumplir los límites establecidos en el anexo II" (Artículo 8 del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, de Reglamento sobre protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones y medidas de protección*

sanitaria).

f) *"La presente... se dicta en desarrollo y aplicación de lo dispuesto en... el Real Decreto 1066/2001, ... y tiene por objeto regular las condiciones, contenido y formatos de los estudios y certificaciones a los que se hace referencia." (apartado primero de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones).*

Otras disposiciones aplicables:

- Protección radioeléctrica:

  - Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

  - Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.

- Servidumbres aeronáuticas:

  - Decreto 584/1972, de 24 de febrero, de servidumbres aeronáuticas.

  - Real Decreto 1541/2003, de 5 de diciembre, que modifica al Decreto 584/1972, de 24 de febrero.

- Televisión digital terrestre:

  - Real Decreto 439/2004, de 12 de marzo, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión digital local, modificado por el Real Decreto 2268/2004, de 3 de diciembre.

  - Real Decreto 944/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre.

- 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.

- Real Decreto 920/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento general de prestación del servicio de difusión de radio y televisión por cable.

- Orden ITC/2212/2007, de 12 de julio por la que se establecen obligaciones y requisitos para los gestores de múltiples digitales de la televisión digital terrestre y por la que se crea y regula el registro de parámetros de información de los servicios de televisión digital terrestre.

- Resolución de la SETSI, de 22 de mayo de 2007, por la que se sustituye la inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de determinadas estaciones radioeléctricas, por una certificación expedida por técnico competente.

- Real Decreto 863/2008, de 23 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 32/2003 de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.

- Compatibilidad electromagnética:

  - Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicación.

Firmado: José Carlos Casas González

Ingeniero de Telecomunicación
Nº de Colegiado: 12345

A.4 PRESUPUESTO

A.4.1 Equipo Transmisor

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
2	Equipo transmisor de 3 canales radioeléctricos y 0.350W de potencia de salida Tredess Ref. 852003	4.300,00€	8.600,00€
1	Armario para alojamiento de equipos Tredess Ref. 857101	900,00€	900,00€
TOTAL EQUIPO TRANSMISOR:			**9.500,00€**

Tabla 58: Presupuesto del equipo transmisor.

A.4.2 Sistema Radiante

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
2	Panel emisor IKUSI PRA-012 Ref. 2156	500,00€	1000,00€
2	Latiguillos BNCm RG214 Nm Tredess Ref. 857200	120,00€	240,00€
2	Conector 7/16m para cable ½" Tredess Ref. 857302	17,00€	34,00€
2	Conector Nh para cable ½" Tredess Ref. 857301	18,00€	36,00€
40	Metros cable ½" Tredess Ref. 857211	6,00€	240,00€
1	Herrajes y pequeño material	200,00€	200,00€
TOTAL EQUIPO RADIANTE:			**1.750,00€**

Tabla 59: Presupuesto del sistema radiante.

A.4.3 Sistema Receptor

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
1	Antena receptora DAT 45 Televés Ref. 1095	60,00€	60,00€
1	Repartidor 2 salidas Televés Ref. 4530	40,00€	40,00€
2	Demultiplexor 3 salidas Tredess Ref. 858503	335,00€	670,00€
30	Metros cable ½" Televés Ref. 2140	3,00€	90,00€
2	Metros cable T-100 Ref. 4358	3,00€	6,00€
6	Metros cable RG 214 Tredess Ref. 857210	3,00€	18,00€
1	Conector Nh para cable ½" Tredess Ref. 857301	18,00€	18,00€
2	Conector Nm para cable RG-214 Tredess Ref. 857303	20,00€	40,00€
14	Conector BNCm para cable RG-214 Tredess Ref. 857304	20,00€	280,00€
1	Mástil 3m para antena receptora.Televés Ref.3010	50,00€	50,00€
1	Soporte para mástil 500mm "U" atornillables. Televés. Ref. 2404	15,00€	15,00€
2	Grillete mordaza-mástil. Televés Ref. 2047	5,00€	10,00€
TOTAL EQUIPO RECEPTOR:			**1.299,00€**

Tabla 60: Presupuesto del sistema receptor.

A.4.4 Infraestructuras auxiliares

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
1	Acometida y alimentación eléctrica	650,00€	650,00€
1	Cerramiento	950,00€	950,00€
1	Sistema de pararrayos	300,00€	300,00€
1	Protección contra incendios	300,00€	300,00€
1	Poste de hormigón	1.000,00€	1000,00
TOTAL INFRAESTRUCTURAS AUXILIARES:			**3.200,00€**

Tabla 61: Presupuesto de las infraestructuras auxiliares.

A.4.5 Mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
1	Mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha de la instalación	2.300,00€	2.300,00€
TOTAL MANO DE OBRA, INSTALACIÓN, Y PUESTA EN MARCHA:			**2.300,00€**

Tabla 62: Presupuesto de la mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha.

A.4.6 Resumen del presupuesto

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
1	Equipo transmisor		9.500,00€
1	Sistema radiante	1.750,00€	1.750,00€
1	Sistema receptor	1.222,00€	1.299,00€
1	Infraestructuras auxiliares	3.200,00€	3.200,00€
1	Mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha de la instalación	2.300,00€	2.300,00€
TOTAL PRESUPUESTO:			**18.047,00€**

Tabla 63: Resumen del presupuesto.

EL PRESENTE PRESUPUESTO ASCIENDE A LA CANTIDAD DE: **DIECIOCHO MIL CUARENTA Y SIETE EUROS**

Fecha: Firmado: José Carlos Casas González

Ingeniero de Telecomunicación

Nº de Colegiado: 12345

A.5 APÉNDICES

A.5.1 Hoja Resumen

Datos del titular							
CIF/NIF	XXXXXX	Nombre del titular	Ayuntamiento de Lorca				
Vía PZ	Domicilio	España	Nº	1	C.Postal	30800	
Localidad		Municipio	Lorca				
Provincia	Murcia		Telf.	968 479 700	Fax	-	
Correo electrónico	aytolorca@lorca.es						

Tabla 64: Apéndice: Hoja resumen del proyecto.

Datos de la estación			
Código expediente		Nombre de la estación	GF_Coy
Localidad	Coy	Municipio	Lorca
Provincia	Murcia		
Emplazamiento	1234ABC	Red de estaciones	SFN,AUT,LOC
Canal/es	60,61,66,67,68,69		
Superficie zona servicio (km^2)	2.134	Densidad de población (habitantes/km^2)	237

Tabla 65: Apéndice: Datos de la estación

.

Datos del ingeniero			
Nombre y apellidos	José Carlos Casas González		
NIF	1234567A	Titulación	Ing. Telecomunicación
Número colegiado	123456	Colegio profesional	COIT
Correo electrónico	josecarloscg@yahoo.es	Telf.	968123456
Nº visado proyecto	P0XXXXX	Fecha visado proyecto	10/02/09
Nº visado anexo	-	Fecha visado anexo	-

Tabla 66: Apéndice: Datos del ingeniero.

A.5.2 Ficha de características técnicas

1.- Nombre:		2.- Denominación de la emisión:		
3.- Provincia: **Murcia**	4.- Longitud:	5.- Latitud:	6.- Cota (m):	
7.- Canal		**60,61,66,67,68,69**		
8.- Frecuencia central (MHz)		**786,794, 834, 842, 850, 858**		
9.- Desplazamiento (Hz)		**0**		
10.- Tipo de desplazamiento				
11.- Sistema de emisión: **TD**	12.- Nº portadoras: **6.817**	13.- Intervalo de guarda (μs): **224**		
14.- Retardo relativo (μs): **0**		15.- Polarización: **Horizontal**		
16.- Ángulo de elevación H (º): **63**	17.- Ángulo de elevación V (º): **50**		18.- Altura antena (m): **12**	
19.- p.r.a. máx. H (Kw): **0.001**	20.- p.r.a. máx. V (Kw): **0.001**		21.- Directividad: **D**	

Tabla 67: Apéndice: Ficha de características técnicas del proyecto.

22.- Diagrama de atenuación horizontal (dB)

0º	**10º**	**20º**	**35º**	**40º**	**50º**	**60º**	**70º**	**80º**	**90º**	**100º**	**110º**	**120º**	**130º**	**140º**	**150º**	**160º**	**170º**
0	0.5	1	3	5	6.1	12	15	24	30	24	23	24	27	28	30	30	27
180º	**190º**	**200º**	**210º**	**220º**	**230º**	**240º**	**250º**	**260º**	**270º**	**280º**	**290º**	**300º**	**310º**	**325º**	**330º**	**340º**	**350º**
25	27	30	30	28	27	24	23	24	30	24	15	12	6.1	3	2.5	1	0.5

Tabla 68: Apéndice: Diagrama de atenuación horizontal (dB).

23.- Diagrama de atenuación vertical (dB)

0º	**10º**	**25º**	**30º**	**40º**	**50º**	**60º**	**70º**	**80º**	**90º**	**100º**	**110º**	**120º**	**130º**	**140º**	**150º**	**160º**	**170º**
0	0.5	3	6	11	17	14	11	10.5	11	13	17	21	24	30	24	20	16
180º	**190º**	**200º**	**210º**	**220º**	**230º**	**240º**	**250º**	**260º**	**270º**	**280º**	**290º**	**300º**	**310º**	**320º**	**330º**	**340º**	**350º**
16.5	16	20	24	30	24	21	17	13	11	10.5	11	14	17	11	6	3	0.5

Tabla 69: Apéndice: Diagrama de atenuación vertical (dB).

24. - Altura efectiva máxima (m): 167

25. - Alturas efectivas radiales (m):

0º	10º	20º	30º	40º	50º	60º	70º	80º	90º	100º	110º	120º	130º	140º	150º	160º	170º
8	0	-60	-36	-65	-150	-162	-120	-54	-2	20	39	59	74	84	91	88	96
180º	190º	200º	210º	220º	230º	240º	250º	260º	270º	280º	290º	300º	310º	320º	330º	340º	350º
113	104	135	147	144	167	124	110	99	95	84	70	51	31	24	38	30	9

Tabla 70: Apéndice: Alturas efectivas radiales (m).

26.- Observaciones: