

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN  
Y ELECTRÓNICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**

*Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema  
Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla  
de Gran Canaria*

**TITULACIÓN:** Sonido e Imagen  
**TUTOR:** Juan Carlos Hernández Haddad  
**AUTOR:** Víctor Quintana Suárez  
**FECHA:** Junio-2015



**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN  
Y ELECTRÓNICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**

*Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema  
Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla  
de Gran Canaria*

Presidente:

Secretario:

Vocal:

Tutor:

Autor:

**NOTA:** \_\_\_\_\_

**TITULACIÓN:** Sonido e Imagen  
**TUTOR:** Juan Carlos Hernández Haddad  
**AUTOR:** Víctor Quintana Suárez  
**FECHA:** Junio-2015



# Índices

---

**Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





## Índice

Índices .....	5
Memoria .....	19
<b>1 Objetivo del proyecto .....</b>	<b>21</b>
<b>2 Introducción .....</b>	<b>23</b>
2.1 Antecedentes.....	23
2.2 Objetivos. ....	23
<b>3 Sistemas de radiodifusión. ....</b>	<b>25</b>
3.1 Características técnicas de las señales de televisión analógica y televisión digital.....	25
3.2 La Televisión Digital.....	26
3.2.1 La Televisión Digital Terrestre .....	27
3.2.1.1 ¿Qué es la Televisión Digital Terrestre?.....	27
3.2.1.2 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre.....	28
3.2.1.3 Inconvenientes de la Televisión Digital Terrestre. ....	29
3.2.1.4 Funcionamiento general de la Televisión Digital Terrestre. ....	30
<b>4 El Sistema DVB-T.....</b>	<b>32</b>
4.1 Introducción DVB-T .....	32
4.2 Estándares DVB.....	33
4.2.1 Estándares de transmisión.....	33
4.2.1.1 DVB-S:.....	33
4.2.1.2 DVB-S2:.....	34
4.2.1.3 DVB-C: .....	35
4.2.1.4 DVB-CS: .....	35
4.2.1.5 DVB-T: .....	36
4.2.1.6 DVB-H:.....	37
<b>4.3 Fundamentos teóricos de la TDT .....</b>	<b>37</b>
4.3.1 Modulación Multiportadora OFDM.....	38
4.3.2 Detección de los símbolos en el decodificador. ....	40



4.3.3	Intervalos de guarda .....	41
4.3.4	Codificación de Canal.....	42
4.3.5	Modulación Jerárquica. ....	43
<b>4.4</b>	<b>Especificaciones del sistema DVB-T.....</b>	<b>45</b>
4.4.1	Estándar ETSI EN 300 468- Codificación de fuente.....	45
4.4.2	Estándar ETSI EN 300 744 [2]– Capa física TDT .....	47
<b>4.5</b>	<b>Guía de implementación de los sistemas DVB-T .....</b>	<b>53</b>
4.5.1	Aspectos de transmisión del sistema DVB-T.....	53
4.5.2	MPEG-2 – TS multiplex. ....	54
4.5.3	Implementación del MPEG-2.....	55
4.5.4	Información del servicio .....	56
<b>4.6</b>	<b>La red de difusión de la TDT.....</b>	<b>57</b>
4.6.1	Redes SFN .....	58
4.6.2	Redes MFN.....	59
<b>4.7</b>	<b>Especificaciones del sistema DVB-T en España .....</b>	<b>59</b>
<b>4.8</b>	<b>La TDT en España. ....</b>	<b>61</b>
4.8.1	Legislación española. ....	62
4.8.2	Historia de la TDT en España. ....	67
4.8.3	El Apagón Analógico .....	68
4.8.4	La Televisión después del apagón analógico. ....	71
4.8.5	Ley General de la Comunicación Audiovisual.....	74
4.8.6	Parámetros adoptados en España .....	75
4.8.6.1	Especificaciones del sistema DVB-T .....	75
4.8.6.2	Frecuencias empleadas.....	76
4.8.7	Situación de la TDT en Gran Canaria .....	80
<b>5</b>	<b>La liberación del dividendo digital. ....</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Dividendo Digital .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>¿Qué es el dividendo digital y en qué consiste su liberación?.....</b>	<b>85</b>
<b>5.3</b>	<b>Definición, coordinación y ejecución de las actuaciones .....</b>	<b>90</b>
5.3.1	Se publica el plan de actuaciones para la liberación del Dividendo Digital.....	90
<b>6</b>	<b>Los micro-remisores o Gap –Fillers .....</b>	<b>93</b>
<b>6.1</b>	<b>Introducción al micro reemisor o Gap-Filler .....</b>	<b>93</b>



<b>6.2</b>	<b>Descripción de los Gap-Filler</b> .....	<b>94</b>
<b>6.3</b>	<b>Cancelador de ecos de los Gap-Filler</b> .....	<b>96</b>
<b>6.4</b>	<b>Figura de mérito de la calidad global -MER</b> .....	<b>98</b>
<b>6.5</b>	<b>Aislamiento Tx – Rx en los Gap-Fillers</b> .....	<b>99</b>
<b>6.6</b>	<b>Tipos de Gap-Fillers</b> .....	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>Gap –Filler como extensor de cobertura DVB-T</b> .....	<b>102</b>
<b>7.1</b>	<b>Planteamiento inicial</b> .....	<b>103</b>
<b>7.2</b>	<b>Cálculo de la intensidad de campo necesario</b> .....	<b>103</b>
<b>7.3</b>	<b>Margen dinámico y niveles de señal de los múltiplex recibidos</b> .....	<b>108</b>
<b>7.4</b>	<b>Características técnicas de diseño de la estación transmisora</b> .....	<b>112</b>
<b>7.5</b>	<b>Descripción del sistema receptor</b> .....	<b>114</b>
<b>7.6</b>	<b>Cálculo de la cobertura radioeléctrica de la estación</b> .....	<b>115</b>
7.6.1	Cálculo de la elevación de los paneles.....	116
<b>7.7</b>	<b>Cálculo de la Potencia Radiada Aparente (PRA) del reemisor</b> .....	<b>117</b>
<b>7.8</b>	<b>Aislamiento</b> .....	<b>123</b>
<b>7.9</b>	<b>Servidumbres aeronáuticas</b> .....	<b>126</b>
7.9.1	Protección del dominio público radioeléctrico.....	126
7.9.1.1	Cálculo de los niveles de exposición en el entorno. Medidas de niveles .....	126
7.9.1.2	Estudio de los niveles de exposición en el entorno .....	126
7.9.1.3	Cálculo del volumen de referencia .....	127
7.9.1.3.1	Distancia mínima de protección. ....	127
7.9.1.3.2	Distancia de campo lejano. ....	127
7.9.1.3.3	Volumen de referencia .....	128
<b>7.10</b>	<b>Servidumbres aeronáuticas del sistema de antenas</b> .....	<b>128</b>
<b>7.11</b>	<b>Protección de seguridad de la estación</b> .....	<b>131</b>
7.11.1	Descripción de los sistemas de protección frente a rayos .....	131
7.11.1.1	Protección externa contra el rayo.....	132
7.11.1.2	Protección interna.....	133
7.11.1.3	Protección preventiva .....	133
7.11.1.4	Normativa de referencia .....	134
7.11.1.5	Evaluación del índice de riesgo y cálculo del nivel de eficiencia .....	135
7.11.2	Descripción de los sistemas de protección frente a descargas eléctricas.....	138
7.11.3	Descripción de los sistemas de detección y protección contra incendios.....	138



7.11.4	Líneas de vida.....	139
7.11.4.1	Riesgos del trabajo en altura .....	139
7.11.4.2	Riesgos eléctricos .....	139
7.11.4.2.1	Sistemas de protección contra contactos eléctricos directos .....	140
7.11.4.2.2	Sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos .....	140
<b>7.12</b>	<b>Otras restricciones .....</b>	<b>141</b>
<b>7.13</b>	<b>Compatibilidad radioeléctrica.....</b>	<b>142</b>
<b>7.14</b>	<b>Impacto ambiental.....</b>	<b>142</b>
<b>7.15</b>	<b>Caseta existente.....</b>	<b>143</b>
<b>7.16</b>	<b>Instalación eléctrica .....</b>	<b>143</b>
	<b>Planos .....</b>	<b>145</b>
<b>8</b>	<b>Índice de planos.....</b>	<b>147</b>
8.1	Situación y emplazamiento.....	149
8.2	Planta caseta reemisor .....	150
8.3	Alzado caseta reemisor .....	151
8.4	Distribución red de tierras .....	152
8.5	Distribución interna de equipamiento .....	153
8.6	Esquema unifilar de B.T.....	154
8.7	Diagrama de conexionado del equipamiento .....	155
8.8	Área de cobertura del reemisor .....	156
8.9	Orientaciones de antenas del reemisor .....	157
8.10	Radiales de cobertura del reemisor.....	158
8.11	Perfil geográfico de enlace entre Risco Blanco y Pozo de las Nieves .....	159
8.12	Perfil geográfico de enlace entre reemisor y poblaciones de Risco Blanco y Taidía .....	160
8.13	Planta de volumen de referencia .....	161
8.14	Alzado de volumen de referencia.....	162
	<b>Anexos .....</b>	<b>163</b>
9.1	<b>Anexo I: Características de la Estación Reemisora .....</b>	<b>165</b>
9.1.1	Solicitud y tipo de solicitud.....	166
9.1.2	Datos del técnico competente y datos del visado voluntario .....	166
9.1.3	Datos de los titulares .....	166



9.1.4	Datos de la estación.....	166
9.1.5	Datos del emplazamiento .....	167
9.1.6	Datos de la frecuencia .....	168
9.1.7	Datos del transmisor.....	171
9.1.7.1	Cálculo de la potencia de salida del equipo transmisor .....	172
9.1.8	Datos del sistema radiante (Datos de antena) .....	172
9.1.8.1	Parámetros.....	173
9.1.8.1.1	Aperturas .....	173
9.1.8.2	Cálculo de las alturas efectivas .....	174
Apéndice 1: Diagramas de atenuación.....		176
Apéndice 2: Ficha .....		178
<b>9.2</b>	<b>Anexo II: Cálculo de la instalación eléctrica .....</b>	<b>181</b>
9.2.1	Introducción.....	181
9.2.2	Potencia necesaria.....	181
9.2.3	Cálculo de las líneas .....	182
9.2.4	Canalizaciones elegidas .....	182
9.2.5	Dispositivos generales de mando y protección. Protecciones (ITC-BT-17) y de acuerdo al apartado 11 de las Normas Particulares.....	183
9.2.6	Cálculo justificativo de la instalación eléctrica .....	183
<b>9.3</b>	<b>Anexo III: Estudio básico de la seguridad y salud .....</b>	<b>192</b>
9.3.1	Normas de seguridad aplicables en la obra.....	192
9.3.2	Identificación de riesgos y prevención .....	192
9.3.2.1	Orden y limpieza .....	195
9.3.2.1.1	Evaluación de riesgos.....	195
9.3.2.1.2	Normas básicas de seguridad .....	196
9.3.2.2	Manipulación manual de cargas .....	196
9.3.2.2.1	Evaluación de riesgos.....	196
9.3.2.2.2	Normas básicas de seguridad .....	196
9.3.2.3	Utilización de herramientas manuales .....	197
9.3.2.3.1	Evaluación de riesgos.....	197
9.3.2.3.2	Normas básicas de seguridad .....	198
9.3.2.3.3	Normas básicas de seguridad en herramientas eléctricas .....	199
9.3.2.4	Trabajos eléctricos .....	200
9.3.2.4.1	Evaluación de riesgos.....	200



9.3.2.4.2	Normas básicas de seguridad .....	200
9.3.2.5	Cuadros eléctricos.....	202
9.3.2.5.1	Evaluación de riesgos.....	202
9.3.2.5.2	Medidas para prevenir los riesgos.....	202
9.3.2.6	Trabajos de soldadura.....	203
9.3.2.6.1	Evaluación de riesgos.....	203
9.3.2.6.2	Normas básicas de seguridad .....	203
9.3.2.6.3	Equipos de protección individual necesarios.....	203
9.3.2.7	Incendios y explosiones.....	204
9.3.2.7.1	Normas sobre los focos de ignición .....	204
9.3.2.7.2	Normas sobre extinción .....	204
9.3.2.8	Trabajos en alturas.....	205
9.3.2.8.1	Desplazamientos verticales .....	206
9.3.2.8.2	Sistema Papillón.....	207
9.3.2.8.3	Desplazamientos horizontales.....	208
9.3.2.8.4	Formación para trabajar en alturas .....	209
9.3.2.8.5	Reconocimiento médico específico de alturas .....	209
<b>Pliego de condiciones .....</b>		<b>211</b>
<b>10 Pliego de condiciones.....</b>		<b>213</b>
<b>10.1 Certificados de declaración de conformidad y marcado CE de los equipos.....</b>		<b>213</b>
<b>10.2 Características técnicas genéricas y completas del equipamiento .....</b>		<b>213</b>
10.2.1	Características del equipo transmisor .....	213
10.2.2	Características del cancelador de ecos.....	217
10.2.3	Características del demultiplexor .....	217
10.2.4	Características del multiplexor .....	218
10.2.5	Características del módulo de supervisión y mantenimiento .....	218
10.2.6	Características del módulo GSM.....	220
10.2.7	Características de la antena receptora.....	220
10.2.8	Características del panel emisor.....	222
10.2.9	Características de los cables, conectores y latiguillos .....	224
10.2.10	Características de la torre de soporte de antenas.....	227
10.2.10.1	Señalización.....	227



## **Índice**

10.2.10.2	Mantenimiento .....	227
10.2.11	Armario de interior para el alojamiento de los equipos.....	228
10.2.12	Normativa aplicable y Legislación.....	230
10.2.12.1	Normativa y Recomendaciones: .....	230
10.2.12.2	Legislación .....	231
<b>Presupuesto .....</b>		<b>237</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>247</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>251</b>



## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Comparativa de un canal analógico y un canal digital .....	26
Ilustración 2: Esquema de procesos de una transmisión de TDT.....	30
Ilustración 3: Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencias .....	38
Ilustración 4: Proceso de recepción y demodulación de la señal .....	39
Ilustración 5: Constelación de fases en modulación 64 QAM.....	40
Ilustración 6: Flujo de bits en bruto formado por 4 símbolos.....	40
Ilustración 7: Proceso de codificación de la señal.....	43
Ilustración 8: Esquema del proceso completo realizado a la señales de video, audio y datos.....	46
Ilustración 9: Obtención del Múltiplex completo a partir de los diferentes programas que lo integran.....	54
Ilustración 10: Paquete de Transporte del Multiplex TS.....	55
Ilustración 11: Reparto de canales digitales antes del apagón analógico.....	71
Ilustración 12: Reparto de canales digitales tras el apagón analógico .....	72
Ilustración 13: Frecuencias de emisión de canales estatales sin capacidad de desconexiones .....	77
Ilustración 14: Mapa de los canales reservados para los MUX autonómicos con desconexiones provinciales .....	78
Ilustración 15: Mapa de la red SFN autonómica de RTVE.....	79
Ilustración 16: Mapa Proyectos de Transición de TV de ámbito nacional.....	81
Ilustración 17: Mapa Proyectos de Transición de TV de Gran Canaria .....	82
Ilustración 18: Evolución de las atribuciones de espectro en la banda tradicionalmente utilizada para la emisión de la televisión 470-862 MHz.....	86
Ilustración 19: Gráfico de Contribución al crecimiento del PIB de un incremento del 10% en la penetración de la Banda Ancha en diferentes regiones en diferentes estudios. España se encuentra dentro del grupo OCDE alto nivel de ingreso. Fuente. R. Katz (2010) El impact .....	87
Ilustración 20: Gráfico de Previsión de crecimiento de la demanda del tráfico de banda ancha móvil en Europa. Fuente. Ericsson, informe sobre tecnologías móviles en Europa.....	87
Ilustración 21: Reordenamiento del espectro radioeléctrico para disponer del Dividendo Digital .....	91
Ilustración 22: SFN: mismo canal de entrada y de salida. Gap-Filler, caracterización de la realimentación cocanal.....	94
Ilustración 23: Medición de canal TDT en laboratorio .....	95



## *Índice de ilustraciones*

Ilustración 24: Esquema básico de Gap-Filler, balance de potencias .....	97
Ilustración 25: Características de los dos canceladores de eco existentes .....	98
Ilustración 26: Comparativa de la señal antes y después del Gap-Filler con cancelador de eco DAE .	100
Ilustración 27: Comparativa de la señal antes y después del Gap-Filler con cancelador de eco DEEC	100
Ilustración 28: Zona sin cobertura TDT: Caldera de las Tirajanas San Bartolomé - Gran Canaria .....	102
Ilustración 29: Diagrama de cobertura TDT –Pozo de las Nieves .....	103
Ilustración 30: Múltiplex digitales nacionales y autonómicos tras la liberación del Dividendo Digital	108
Ilustración 31: Perspectiva desde el centro microreemisor: La Culata, Risco Blanco y Taidía .....	109
Ilustración 32: Perfil geográfico desde Pozo de Las Nieves hasta la ubicación futura del Reemisor TDT .....	110
Ilustración 33: Huella de la cobertura radioeléctrica obtenida con el rellenador de huecos de señal TDT .....	112
Ilustración 34: Área de cobertura estimada que cubrirán los paneles de transmisión .....	113
Ilustración 35: Estación microreemisora de 7 canales Gap-Filler .....	115
Ilustración 36: Modelo básico de un sistema de radiocomunicación .....	117
Ilustración 37: Orientaciones y ángulo resultante entre antenas receptoras y paneles .....	125
Ilustración 38: Índice de impactos de rayos en España .....	135
Ilustración 39: Nivel de protección, término de clasificación de los sistemas de protección contra el rayo en función de su eficacia.....	137
Ilustración 40: Representación del diagrama de atenuación horizontal de panel (Plano E) .....	176
Ilustración 41: Representación del diagrama de atenuación horizontal de panel (Plano H).....	177
Ilustración 42: Ejemplo de configuración con 6 múltiplex y alimentación redundante .....	214
Ilustración 43: Ejemplo de configuración con 6 múltiplex y módulo de gestión remoto .....	215
Ilustración 44: Características técnicas del equipo Gap-Filler .....	216
Ilustración 45: Hoja técnica del demultiplexor activo Tredess Ref. 858120 .....	217
Ilustración 46: Hoja técnica de los multiplexores Tredess Ref. 858509 y 858510 .....	218
Ilustración 47: Hoja técnica del módulo de gestión Tredess Ref. 858142 .....	219
Ilustración 48: Características técnicas de antena receptora .....	221
Ilustración 49: Diagrama de radiación de horizontal de antena receptora .....	221
Ilustración 50: Diagrama de radiación de vertical de antena receptora.....	222
Ilustración 51: Hoja técnica del panel emisor Tredess Ref. 857025 .....	223
Ilustración 52: Diagrama de radiación de antena transmisora .....	223
Ilustración 53: Hoja técnica del cable Amphenol TFC RG-213/U .....	225
Ilustración 54: Hoja técnica de los conectores Tredess Ref. 857303 y 857301 .....	225



***Índice de ilustraciones***

Ilustración 55: Hoja técnica de los latiguillos Tredess Ref. 857201 .....	226
Ilustración 56: Características del cable RF Cellflex 1/2" .....	226
Ilustración 57: Hoja técnica de los armarios para el alojamiento de los equipos.....	229



## Índice de tablas

Tabla 1: Características de las diferentes tecnologías de acceso a la Televisión Digital.....	27
Tabla 2: Duración del intervalo de guarda para los sistemas 8K y 2K.....	42
Tabla 3: Frecuencias asignadas a los canales 66 al 69 .....	77
Tabla 4: Frecuencias asignadas a los canales 57 al 65 .....	78
Tabla 5: Frecuencias asignadas a los canales 21 al 56 .....	79
Tabla 6: Proyectos de transición de Canarias .....	82
Tabla 7: Municipios de Gran Canaria asociados al Proyecto de Transición de Pozo de las Nieves .....	82
Tabla 8: Comparativa del cálculo de niveles mínimos por los dos métodos .....	107
Tabla 9: Medición de niveles de señal en la población procedente de Pozo de las Nieves.....	108
Tabla 10: Medición de niveles de señal en el emplazamiento procedente de Pozo de las Nieves .....	111
Tabla 11: Cálculo de potencia de salida del transmisor partiendo del valor mínimo intensidad de campo eléctrico en la vivienda del usuario.....	121
Tabla 12: Cálculo de la intensidad de campo eléctrico transmitiendo la máxima potencia en el reemisor.....	122
Tabla 13: Datos del titular de la Estación Reemisora.....	165
Tabla 14: Datos del técnico competente de la Estación Reemisora .....	165
Tabla 15: Datos de la Estación Reemisora .....	165
Tabla 16: Tipo de solicitud .....	166
Tabla 17: Declaración de no inhabilitación .....	166
Tabla 18: Datos del técnico competente .....	166
Tabla 19: Datos de los titulares de la Estación Reemisora.....	166
Tabla 20: Datos de la Estación Reemisora .....	166
Tabla 21: Datos del emplazamiento de la Estación Reemisora .....	167
Tabla 22: Características del canal radioeléctrico 22.....	168
Tabla 23: Características del canal radioeléctrico 28.....	168
Tabla 24: Características del canal radioeléctrico 31.....	169
Tabla 25: Características del canal radioeléctrico 32.....	169
Tabla 26: Características del canal radioeléctrico 35.....	170
Tabla 27: Características del canal radioeléctrico 36.....	170
Tabla 28: Características del canal radioeléctrico 38.....	171
Tabla 29: Datos del transmisor .....	171



## ***Índice de tablas***

Tabla 30: Parámetros de las antenas transmisoras .....	173
Tabla 31: Datos de los lóbulos principales del sistema radiante .....	173
Tabla 32: Alturas efectivas y acimut de antenas transmisoras .....	175
Tabla 33: Atenuación horizontal y acimut de paneles transmisores .....	176
Tabla 34: Atenuación vertical y elevación de los paneles transmisores .....	177
Tabla 35: Ficha resumen de la estación reemisora .....	179
Tabla 36: Potencia instalada en la estación reemisora .....	181
Tabla 37: Cálculos de las líneas de la instalación eléctrica .....	182
Tabla 38: Identificación de los riesgos inherentes en la obra .....	194
Tabla 39: Probabilidad y consecuencias de los riesgos evaluados.....	195

# Memoria

---

**Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





## **1 Objetivo del proyecto**

La finalidad del proyecto es la implantación de un sistema micro reemisor de señales de Televisión Digital Terrestre, también conocido en la literatura técnica como Gap-Filler o rellenador de huecos, cuyo propósito es mejorar la cobertura existente en las zonas seleccionadas.

Para comenzar esta memoria se hace una introducción a la tecnología utilizada por la TDT, que ha sustituido a la televisión analógica terrestre desde el cese de las emisiones en Abril de 2010. Se enumeran las ventajas con respecto a su antecesora lo que supone mejora de calidad de imagen y sonido, así como la posibilidad de recepción en terminales móviles, interactividad, televisión a la carta, servicios multimedia, etc.

Seguidamente se presenta el modelo técnico de la Televisión Digital Terrestre (TDT) regulado mediante las normas especificadas por la alianza de fabricantes Digital Video Broadcasting (DVB) y las especificaciones del European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Así mismo abordamos los fundamentos teóricos que sustentan los sistemas DVB-T y sus especificaciones técnicas. Terminamos ese capítulo con una guía para la adecuada implantación de tales sistemas, los diferentes tipos de redes de difusión empleados y las especificaciones relativas adoptadas en España.

Posteriormente se hace referencia a las directrices aprobadas en el reciente Plan Marco de Actuaciones para la Liberación del Dividendo Digital, canales 61 al 69, por el que se establecen las actuaciones necesarias para la liberación de las frecuencias radioeléctricas que constituyen el llamado dividendo digital, para que puedan ser utilizadas por los operadores de telecomunicaciones para prestar servicios avanzados de comunicaciones electrónicas.

Para entender el sistema que se va a implementar se realiza una explicación exhaustiva del funcionamiento de los Gap –Fillers, sus características fundamentales y los cálculos radioeléctricos necesarios para su correcta implementación.



## **Memoria**

Se concluye presentando la instalación de un sistema micro reemisor, así como los diferentes diagramas de huella radioeléctrica obtenidos mediante simuladores de cobertura basados en modelos digitales del terreno. Comprende el estudio real de viabilidad radioeléctrica para intensificar las señales de la Televisión Digital Terrestre en determinadas zonas rurales del municipio de San Bartolomé de Tirajana, en el sur de Gran Canaria y en concreto, en los barrios de Risco Blanco y Taidía, situados en la Caldera de las Tirajanas, que presentan una orografía muy escarpada.

Como anexos se recogen la instalación eléctrica, se incluyen mapas de situación del reemisor, así como planos esquemáticos de la torreta y de la caseta, se recogen las hojas de características de los equipos y elementos que componen la instalación así como la normativa que deben cumplir, el esquema de conexionado de los equipos o el esquema eléctrico de la instalación.

También se presenta un resumen de todos los canales de TDT con sus múltiplex asociados y los correspondientes programas difundidos desde la estación primaria del Pozo de las Nieves en Gran Canaria y que sirven como fuente primaria para la captación y posterior reemisión a las referidas zonas del sur de nuestra isla.

Y por último se detallan las diferentes unidades de obra, con sus respectivos costes, así como el precio de la ejecución del reemisor.



## 2 Introducción

### 2.1 Antecedentes.

En el año 2010 las emisiones analógicas de la televisión que conocíamos han finalizado debido a la aparición de la tecnología digital y en consecuencia a una nueva forma de ver la televisión, con la difusión de contenidos audiovisuales de forma más eficiente y con mayor calidad. La tecnología digital nos permite disfrutar de un mayor número de canales, de una mayor calidad de imagen y sonido y nos ofrece la posibilidad de interactuar con infinidad de servicios desde nuestro televisor.

Según el Plan Técnico Nacional de TDT era necesario planificar y ejecutar un apagón analógico, evitando interferencias entre sistemas de transmisión durante la transición. Debido a los diferentes métodos de difusión entre televisión analógica y digital, para dar cobertura al mayor porcentaje de habitantes posible, se requería en algunos casos la construcción de nuevos centros emisores de estos contenidos.

En el extremo del usuario final para la recepción de las nuevas difusiones digitales bastaría con la adquisición de un decodificador y una pequeña modificación de la instalación receptora de televisión, siempre y cuando dispongan de buena cobertura.

Pese a que la gran mayoría de la población española dispone de cobertura, los datos no son del todo ciertos, ya que éstos son referidos a la población total cubierta, pero no al territorio, donde existen núcleos poblacionales aislados de recepción. Para dar una solución a dicho problema han surgido los micro repetidores que permiten de una forma económica y eficiente cubrir las zonas con deficiencias de niveles de cobertura.

### 2.2 Objetivos.

Los objetivos del proyecto son en primer lugar el estudio en profundidad de las características técnicas de la 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.

Además se exponen las actuaciones necesarias para la liberación de las frecuencias radioeléctricas de los canales 61 al 69, que constituyen el llamado dividendo digital, que utilizarán los operadores de telecomunicaciones para prestar servicios avanzados de comunicaciones electrónicas. Esto supondrá una reordenación de los canales que actualmente se utilizan para la radiodifusión de la TDT.

Se detalla punto por punto las características y los cálculos necesarios de un reemisor mediante el sistema Gap-Filler para poder implantarlo en nuestra solución y objetivo final del proyecto, lo que dará como resultado la mejora de la cobertura de señal TDT en la zona elegida de la isla de Gran Canaria.

Por lo tanto, el primer objetivo de esta etapa será estudiar la cobertura existente, mediante simuladores de cobertura basados en modelos digitales del terreno y a través de mediciones “in situ” con medidor de campo. Una vez estudiadas las zonas carentes de cobertura, se colocará el reemisor o Gap-Filler, en la ubicación más apropiada para que todas zonas rurales del municipio de San Bartolomé de Tirajana, en el sur de Gran Canaria y en concreto, en los barrios de Risco Blanco y Taidía, puedan recibir la señal TDT con la mayor calidad posible.

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



### **3 Sistemas de radiodifusión.**

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.

#### **3.1 Características técnicas de las señales de televisión analógica y televisión digital**

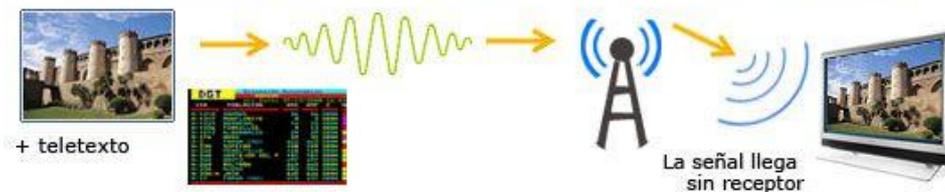
Ambos sistemas emplean un ancho de banda de canal de 8 MHz para transmitirla información de imagen y sonido, sin embargo, las diferencias entre el sistema analógico y el digital son muy importantes:

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 la información vídeo, audio y datos, entre otros, de forma conjunta sobre el ancho de banda disponible. Además, en estos sistemas la utilización de técnicas de compresión permite transmitir varios programas simultáneamente ocupando el mismo ancho de banda que un canal analógico.



**Televisión analógica:** Un programa por canal. Teletexto como servicio interactivo



**Televisión digital:** Hasta 4 programas por canal. MHP como servicio interactivo

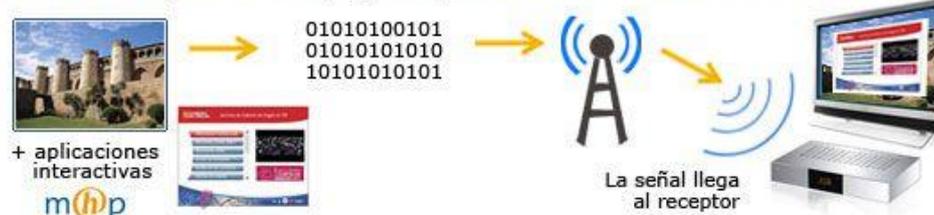


Ilustración 1: Comparativa de un canal analógico y un canal digital

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

En el canal analógico la separación entre portadoras de audio y vídeo es de 5,5 MHz. Sin embargo, el canal digital tiene múltiples portadoras (varían según el modo que se utilice) que se distribuyen en todo el ancho de banda del canal, 8 MHz en este caso.

Entre otras cosas los sistemas digitales están mejores equipados para evaluar un rendimiento de error (por ejemplo, detección y corrección de errores), que los sistemas analógicos.

### 3.2 La Televisión Digital

La Televisión Digital es la difusión de las señales de TV que utiliza la más moderna tecnología 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.

Actualmente, es posible acceder a la Televisión Digital mediante las siguientes tecnologías de acceso: Ondas Terrestres (TDT), Cable, Satélite y ADSL.



**Memoria**

	<b>Satélite</b>	<b>Cable</b>	<b>TDT</b>	<b>ADSL</b>
<b>Implantación</b>	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.
<b>Cobertura</b>	Nacional, continental y nacional.	Nacional, autonómica y local.	Nacional, autonómica y local. Permite desconexiones territoriales	Nacional, autonómica y local.
<b>Ancho de Banda</b>	Muy alto	Alto	Alto	Alto
<b>Contenidos</b>	No permite información local	Permite información local	Permite información local	Permite información local
<b>Portabilidad</b>	Recepción Portátil/Móvil en función de la red de transmisión	No permite portabilidad	Permite portabilidad con el DVB-HT	No permite portabilidad
<b>Canal de Retorno</b>	Canal Telefónico (Módem)	Conexión coaxial	Canal telefónico o móvil	Canal ADSL
<b>Otras ventajas</b>	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 1: Características de las diferentes tecnologías de acceso a la Televisión Digital

### 3.2.1 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.

#### 3.2.1.1 ¿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 programas 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 geostacionarios (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.

### ***3.2.1.2 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:

- 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).
- 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.



### **Memoria**

- 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.
- Proporcionan la misma cobertura que la televisión analógica, pero con una menor potencia de emisión.
- Posibilidad de utilizar redes de frecuencia única (SFN).
- Posibilidad de recepción móvil, a través del estándar DVB-H.

#### **3.2.1.3 Inconvenientes de la Televisión Digital Terrestre.**

Entre los inconvenientes que tiene la TDT, podemos citar:

- La necesidad impuesta hasta ahora de adquirir un decodificador y modificar la instalación de recepción para poder ver la TDT. Esto en un principio era voluntario pero a partir de abril de 2010 han cesado las emisiones analógicas y sólo se pueden captar las emisiones de la TDT.
- 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.



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

### 3.2.1.4 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

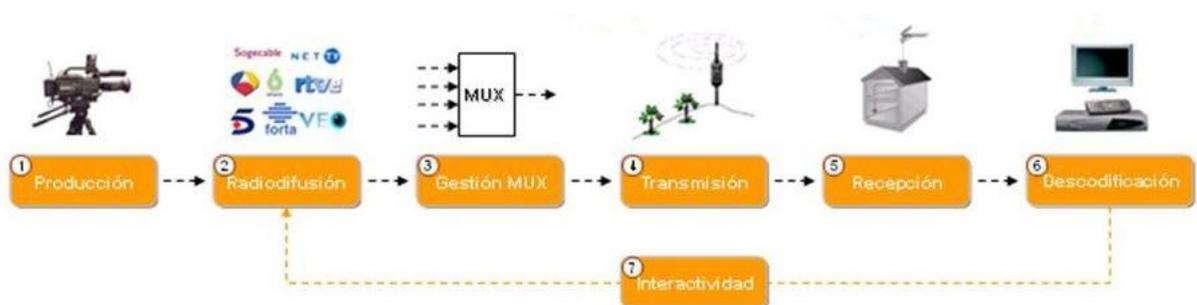


Ilustración 2: Esquema de procesos de una transmisión de TDT

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. Decodificación: decodificación de la señal y presentación de los contenidos en el televisor.
7. Interactividad: canal de retorno para la gestión de la interactividad.



## **4 El Sistema DVB-T**

### **4.1 Introducción DVB-T**

El modelo técnico de la Televisión Digital Terrestre (TDT) se regula mediante las normas especificadas por la alianza de fabricantes -Digital Video Broadcasting (DVB)- y concuerda con las especificaciones dimanadas del European Telecommunications Standards Institute (ETSI) norma EN300 744 conocida como DVB-T.

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, habiendo publicado el ETSI la siguiente documentación relacionada con la Televisión Digital Terrestre:

- EN 300 744 V1.5.1: estructura de las tramas, codificación de canal y modulación para Televisión Digital Terrestre (TDT - capa física).
- TR 101 190 V1.2.1: guía de implementación para servicios DVB-T y aspectos de transmisión.
- TS 101 191 V1.4.1: Mega-frame para sincronización SFN (Single Frequency Network).

El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación- ETSI, define 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.



## 4.2 Estándares DVB

Tal como se comenta en el anterior punto, el DVB Project [3] 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.

### 4.2.1 Estándares de transmisión

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

#### 4.2.1.1 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.



#### 4.2.1.2 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 DVBS 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.



#### **4.2.1.3 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.

#### **4.2.1.4 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 VI.1.2:** Sistemas de distribución DVB Satellite Master Antenna Television (SMATV).
- **TS 101 964 VI.1.1:** Canal de control para sistemas de distribución SMATV / MATV; especificación base.
- **TR 102 252 VI.1.1:** Guía de usuario para el uso y la implementación del canal de control para sistemas de distribución SMATV / MATV.

**4.2.1.5 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 DTTVSA (Digital Terrestrial Television- Systems Aspects). Del mismo modo que el resto de los estándares de DVB, el DVB-T utiliza como método de codificación de audio y vídeo MPEG-2. El sistema desarrollado en el proyecto, implementa la capa física del estándar DVB-T. La

ETSI ha publicado la siguiente documentación:

- **EN 300 744 VI.5.1:** estructura de las tramas, codificación de canal y modulación para televisión digital terrestre (capa física).
- **TR 101 190 VI.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).



#### 4.2.1.6 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.

### 4.3 Fundamentos teóricos de la TDT

Antes de profundizar en las especificaciones del estándar DVB-T vamos a detenernos inicialmente en la exposición de determinados fundamentos teóricos.



### 4.3.1 Modulación Multiportadora OFDM.

Para reducir los efectos perjudiciales del canal de radio, en TDT se utiliza la 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, mediante un conversor serie paralelo, que modulan a varias subportadoras.

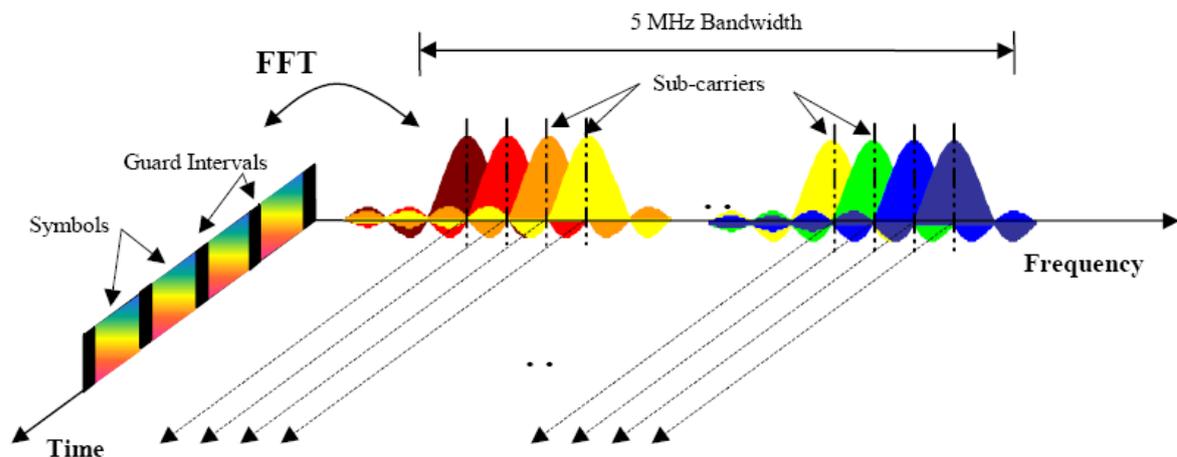


Ilustración 3: Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencias

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 adyacente al ser ortogonales entre ellas.

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 será siempre muy superior al retardo de eco y, por lo tanto, cada una de las subportadoras se verá afectada por un fading plano.

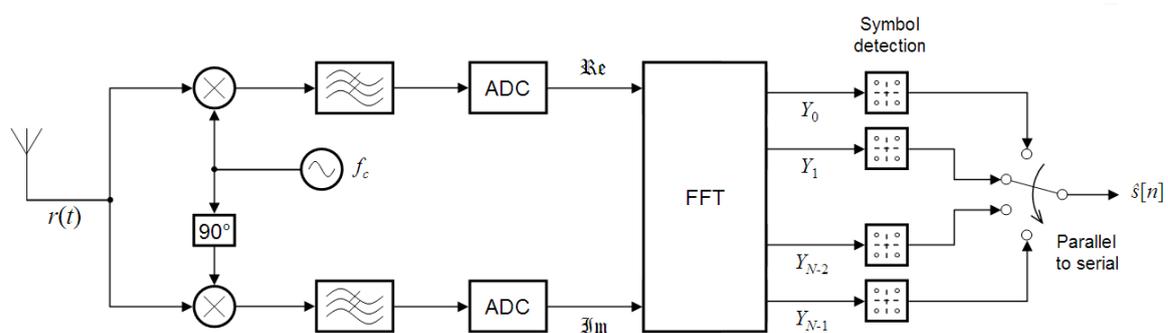
Este hecho, junto con la ortogonalidad de las portadoras - no son afectadas por la presencia de las demás - permite una demodulación de manera individual con calidad. Se minimiza el problema del eco, reduciéndolo a un problema de interferencia entre símbolos (ISI) limitada.



Por otro lado, si el número de subportadoras es bajo y el retardo del eco es relativamente elevado, las señales se verán afectadas por fading selectivo, siendo difíciles de demodular, debido al efecto altamente interferente, incluso con altos niveles de señal. Cada subportadora es modulada por los datos de salida de un 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). En este esquema, usado también en el ADSL, cada canal se divide a su vez en 6817 subportadoras (8K) separadas por tan solo 1116Hz, y el flujo de bits se reparte entre todos estos subcanales a la vez.

Este diagrama muestra el proceso de la recepción y demodulación de la señal:



**Ilustración 4: Proceso de recepción y demodulación de la señal**

La señal entra de la antena y se mezcla (multiplica) con un oscilador local que define la frecuencia central del canal que se está sintonizando.

El desfase de 90° hace que por la rama de arriba se obtenga la multiplicación por un seno, y abajo por un coseno. Esto se llama demodulación en cuadratura y se puede demostrar que cada rama dará como resultado la parte real e imaginaria de la señal compleja que se está enviando.

Lo siguiente son filtros paso bajo para quedarse con la parte de la multiplicación que nos interesa. Los ADC convierten la señal en digital (hasta ahora todo era analógico). El bloque FFT convierte N flujos de bits, de la parte real e imaginaria, en otros N flujos de



bits para el dominio de la frecuencia. Los "symbol detection" del esquema se explican en el siguiente punto.

#### 4.3.2 Detección de los símbolos en el decodificador.

Cada uno de los miles de flujos de datos de cada subportadora representa secuencias de números complejos. Si dibujamos las partes reales e imaginarias, tenemos lo que se llama constelación de fases para cada símbolo de los  $8 \times 8 = 64$  posibles en la modulación del tipo 64QAM, empleada por la TDT en España:

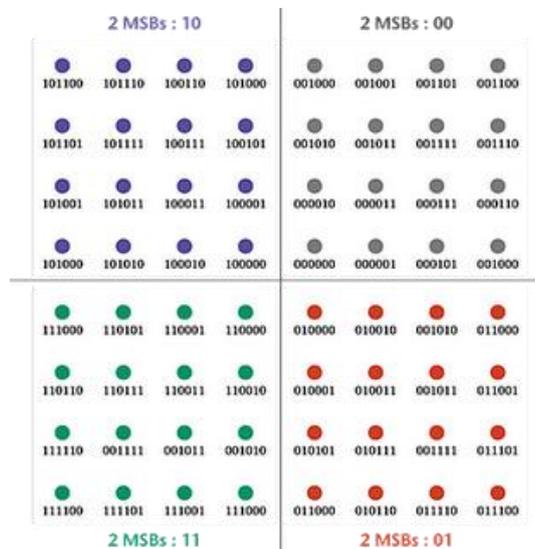


Ilustración 5: Constelación de fases en modulación 64 QAM

Una vez se distingue qué símbolo de los 64 es el que se recibe, se tienen que juntar cada 4 bloques de 6 bits para formar 3 bytes:

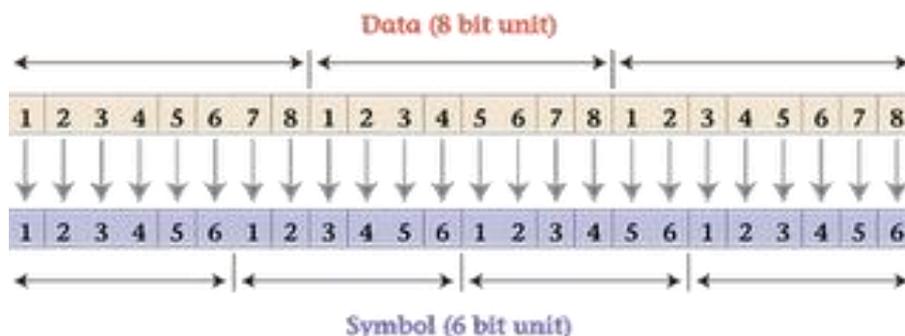


Ilustración 6: Flujo de bits en bruto formado por 4 símbolos



Que constituyen el flujo de bits en bruto. 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)

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 (símbolos en bruto).

El número de portadoras útiles, aquellas que transportan información de la señal a transmitir, sin contar las que llevan información para la sincronización y señalización, se obtiene que el máximo “gross symbol-rate” (velocidad bruta de símbolo sin inserción de periodo de guarda) de la señal TDT es de Msps ( $6048 \cdot 1116$ ).

### **4.3.3 Intervalos de guarda.**

Para minimizar problemas de interferencia inter símbolos 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 un tiempo 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 inter símbolo 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.

Para el sistema 8k-FFT para regiones de orografía más accidentada y considerando que la duración útil del símbolo es 896  $\mu\text{s}$ , tenemos que para un intervalo de guarda equivalente a su cuarta parte (1/4) su duración sería de 224  $\mu\text{s}$ .

Esto quiere decir que el máximo retardo que puede traer la señal proveniente de otros transmisores sería ese valor, si no queremos que haya interferencias. Traducido a distancias equivale a decir que la máxima distancia a la que podemos colocar un emisor de otro en una red SFN sería:

$D = C \times T_g = 67,2 \text{ Km}$ ; donde  $C$  es la velocidad de propagación de la energía electromagnética y  $T_g = 224 \mu\text{s}$  el tiempo de guarda.

Proporción con la longitud del intervalo útil	Longitud periodo de guarda	
	FFT 8K	FFT 2K
1/4	224 $\mu\text{s}$	56 $\mu\text{s}$
1/8	112 $\mu\text{s}$	28 $\mu\text{s}$
1/16	56 $\mu\text{s}$	14 $\mu\text{s}$
1/32	28 $\mu\text{s}$	7 $\mu\text{s}$

Tabla 2: Duración del intervalo de guarda para los sistemas 8K y 2K

#### 4.3.4 Codificación de Canal.

La codificación de canal añade flujos de bits al flujo original para 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*).

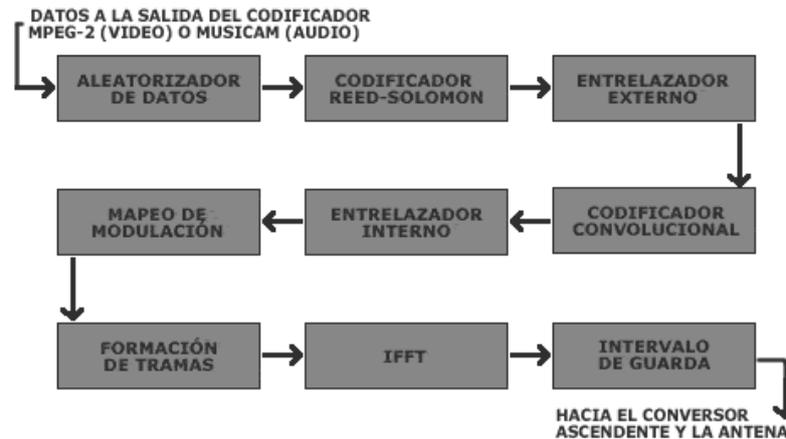


Ilustración 7: Proceso de codificación de la señal

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

- a) A cada bloque de bits de información se le añade un bloque de bits de redundancia: 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 (bitrate) doble, triple 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.

#### 4.3.5 Modulación Jerárquica.

En la modulación no jerárquica, todos los bits del múltiple de transporte TS-MPEG-2 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 robusta (y menor tasa de bits) y otro con mayor tasa de bits pero con menos robustez. La modulación jerárquica evita el efecto “acantilado” y permite una degradación paulatina de la señal remodulada, 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.

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 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.



## 4.4 Especificaciones del sistema DVB-T

Las especificaciones del sistema de DVB-T están recogidas en los estándares *ETSI EN300 744* y en *ETSI EN 300 468* [6]. 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.

### 4.4.1 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.

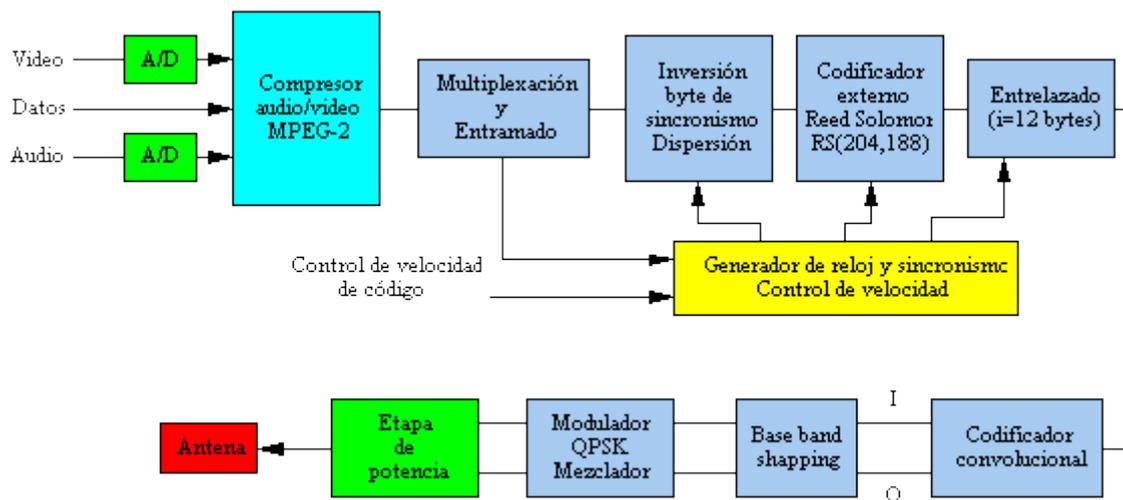
ISO/IEC 13818 fue desarrollado en respuesta a la creciente necesidad de contar con un método de codificación genérica de imágenes en movimiento y sonido asociado para diversas aplicaciones, tales como medios de almacenamiento digital, radiodifusión televisiva y comunicación.

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 300468 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.



**Ilustración 8: Esquema del proceso completo realizado a la señales de video, audio y datos**

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.

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.



#### 4.4.2 Estándar ETSI EN 300 744 [2]– Capa física TDT

En este apartado se presenta el estándar de la capa física del sistema DVB-T. 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.
- Identificación de 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.
- Especificación de la señal modulada digitalmente con el fin de permitir la compatibilidad entre equipos desarrollados por diferentes fabricantes. Esto se logra mediante la descripción detallada del procesado de señal en el modulador, mientras que en el receptor se deja abierto a la implementación de soluciones diferentes.

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  $\alpha$  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.

En España existe la limitación impuesta por el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital de 2005, que obliga a utilizar el modo 8K, 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:

- En el modo 8K el espectro de un canal de 7,61 MHz se cubre con 6817 subportadoras, 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, obtenemos que tiempo útil de símbolo será  $T_u = 1/1,116\text{KHz} = 896 \mu\text{s}$ .
- El tiempo de guarda  $T_g$ , variará entre 28 y 224  $\mu\text{s}$  que corresponden a los periodos de guarda de 1/32 y 1/4 del tiempo útil del símbolo, respectivamente. Son posibles también los valores intermedios correspondientes a 1/8 y 1/16.



## **Memoria**

- La distancia recorrida por la señal para esos tiempos de guarda variará entre 8,4 Km y 67,2 Km:  $28 \mu\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{m/s} = 8,4 \text{Km}$  y  $224 \mu\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{m/s} = 67,2 \text{Km}$ . 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.
- 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 alrededor de un transmisor de una red MFN, con ámbito local.
- Gap-fillers que complementan la cobertura y 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.

Sin embargo en la operación en red SFN, el tiempo de guarda tiene que aportar protección frente a la interferencia propia de la red. Esta interferencia –cocanal- 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:

- $T_g = 28 \mu s$  (1/32) \_Distancia < 8,4Km.
- $T_g = 56 \mu s$  (1/16) \_Distancia < 16,8Km.
- $T_g = 112 \mu s$  (1/8) \_Distancia < 33,6Km.
- $T_g = 224 \mu s$  (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 (896  $\mu s$ ) 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:

- $T_g = 28 \mu s$  (1/32)\_  $T_s = 924 \mu s$  \_  $R_s = 1082$  simb/s.
- $T_g = 56 \mu s$  (1/16)\_  $T_s = 952 \mu s$  \_  $R_s = 1050$  simb/s.
- $T_g = 112 \mu s$  (1/8)\_  $T_s = 1064 \mu s$  \_  $R_s = 992$  simb/s.
- $T_g = 224 \mu s$  (1/4)\_  $T_s = 1120 \mu s$  \_  $R_s = 892$  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.

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 anteriormente, 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 188/204, 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 bits 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.



## **Memoria**

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:

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

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.

De lo anterior podemos calcular que típicamente, el máximo flujo binario se sitúa entre 4,98 Mbits/s y 31,68 Mbits/s. Para el caso expuesto en nuestro proyecto de DVB-T (8K), rondaría los 25 Mbps.

Modulación = 64 QAM ( X = 6 bits por símbolo)

Velocidad de código  $R_c = 2/3$  (recepción fija)

Duración intervalo Guarda =  $1/32$  ( $896 \mu s / 32 = 28 \mu s$ )

Régimen binario útil  $R_b = [1 / (T_u + T_g)] \cdot X \cdot 6048 \cdot (188/204) \cdot R_c$

$$R_b = [1 / (896 \mu s + 28 \mu s)] \times 6 \times 6048 \times (188/204) \times 2/3 = 24,12 \text{ Mbits/s}$$



Esta velocidad nos permitiría transmitir en un canal de TV con un ancho de banda efectivo 7,61 MHz un programa HD (alta definición) que requiere unos 24 Mbits, o a 12 Mbps dos programas con calidad PAL PLUS o cuatro programas con calidad PAL Standard de 6 Mbps.

## **4.5 Guía de implementación de los sistemas DVB-T**

A continuación se estudian los documentos publicados por el ETSI para la correcta implementación de sistemas DVB-T. Primero, se presentan 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.

### **4.5.1 Aspectos de transmisión del sistema DVB-T**

ETSI informó el documento *ETSI TR 101 190 [7]* para ayudar al despliegue del sistema DVB-T dependiendo del entorno y de otros aspectos, ofreciendo 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 relativos al receptor no han sido tratados en el mismo.

Incluye una descripción general de topologías para Redes de Frecuencia Única (SFN) y de Frecuencias Múltiples (MFN); sus posibilidades y limitaciones, así como el compartimiento de lugares de transmisión con la televisión analógica y un resumen de parámetros de planificación. La distribución de señales en redes SFNs y sus limitaciones particulares.



#### 4.5.2 MPEG-2 - TS multiplex.

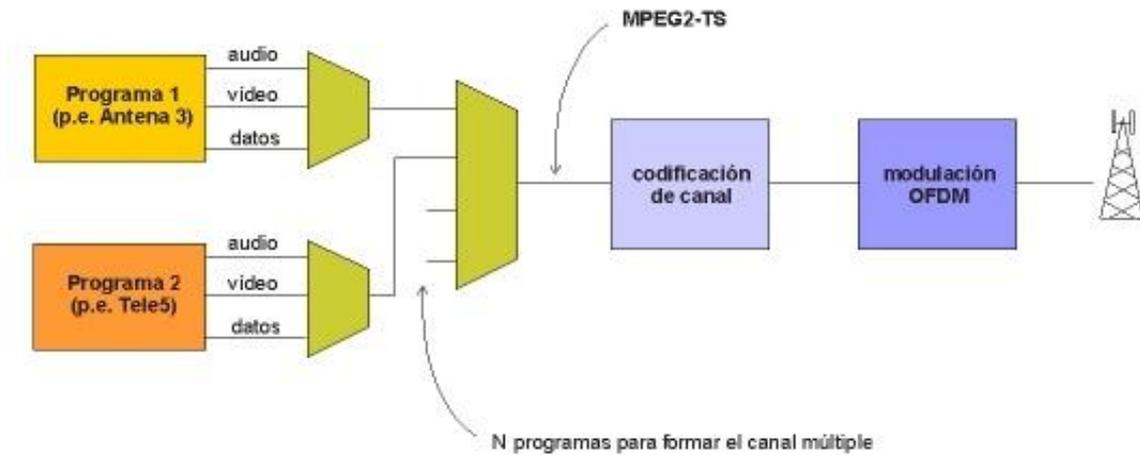


Ilustración 9: Obtención del Múltiple completo a partir de los diferentes programas que lo integran

Es la señal de entrada al transmisor, puede contener varios programas de televisión y algunos programas de audio/datos solamente. La especificación del estándar DVB-T ofrece unas velocidades dentro del rango de 4,98 a 31,67 Mbit/s.

Por norma general para una calidad SDTV, la mayoría de los programas no críticos pueden ser codificados satisfactoriamente con una velocidad en torno a 4,5 Mbit/s, mientras que para radiodifusiones importantes o material crítico como los deportes, se necesita al menos 6 Mbit/s como vimos en el punto anterior.

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 múltiple 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 la TS está determinada por la aplicación. Un multiplexador MPEG inserta paquetes nulos, para adaptar la suma de las velocidades de sus entradas a la velocidad de bit de salida requerida.

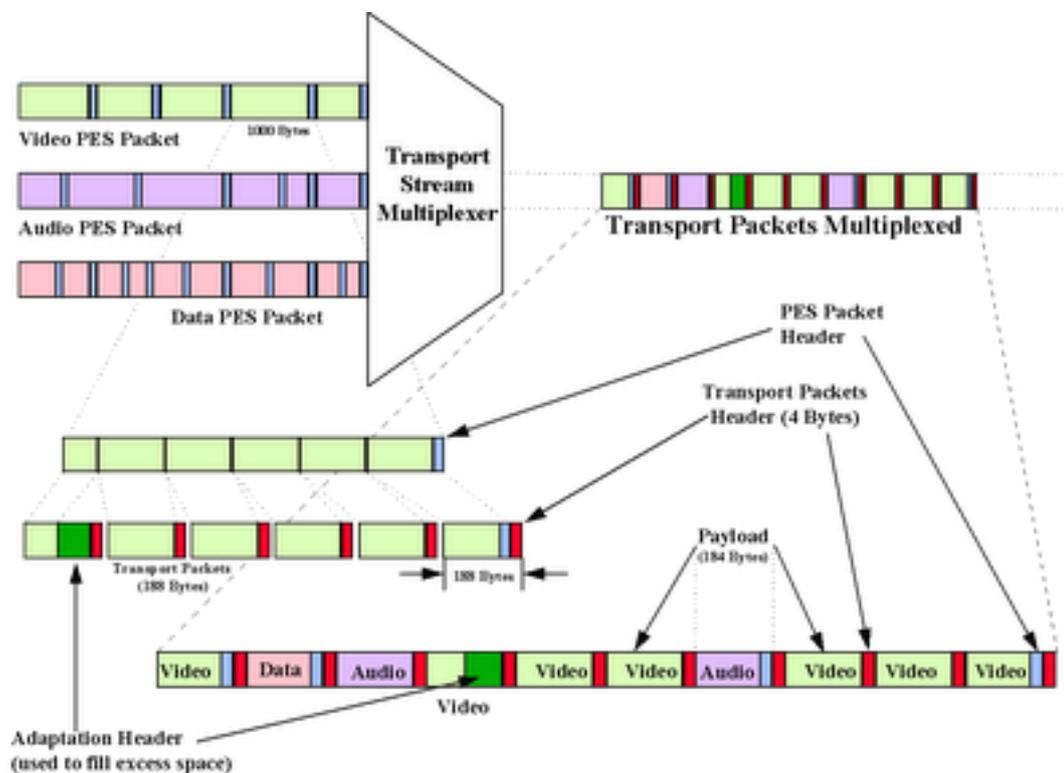


Ilustración 10: Paquete de Transporte del Multiplex TS

### 4.5.3 Implementación del 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 101154* 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*”.

#### **4.5.4 Información del servicio**

El documento que explica cómo 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.



## 4.6 La red de difusión de 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/reemisores, para cubrir 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 desarrollaremos a continuación.



#### 4.6.1 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  $\pm 1\mu s$ )
  - 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.
- La separación máxima entre transmisores está relacionada con el intervalo de guarda usado (67Km para  $T_u = 1/4$  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 ecos, 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). 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, como veremos posteriormente

#### **4.6.2 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.

#### **4.7 Especificaciones del sistema DVB-T en España**

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).

***Especificaciones del sistema DVB-T:***

- ***Modo de transmisión 8K e intervalo de guarda de 1/4:***
  - Permite redes de frecuencia única (SFN), siempre que la distancia entre emisores sea inferior a 62 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 multiplex de forma que si el receptor consigue recibir, se verán todos los programas del multiplex, 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, por un canal de TDT de 8 MHz se



### **Memoria**

emite un múltiplex con 4 o más programas 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 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 con una 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.

## **4.8 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 gran medida, aun habiendo servicios de pago.

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 en un principio a cada uno de los canales.

Por último se presenta el proyecto de liberalización del dividendo digital que actualmente se ha implementado en la banda de UHF correspondiente a la TDT, reorganizando las frecuencias asignadas a los canales y dejando la parte alta del ancho de banda (frecuencias de 790 a 862 MHz, canales radioeléctricos 61 a 69) para que pueda ser utilizado por los operadores de telecomunicaciones para prestar servicios avanzados de comunicaciones electrónicas.

#### **4.8.1 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 múltiplex, 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 1999 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 Quiero 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**, de la 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 30<sup>a</sup>** 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 ha 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.

**ORDEN CTE/630/2002, de 14 de marzo**, por la que se aprueba el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF). Esta orden aprueba una modificación del Cuadro Nacional de Frecuencias que sustituya al aprobado mediante la Orden del Ministerio de Fomento de 22 de julio de 1998, y sus modificaciones.

La aprobación de la Ley 53/2002, de Medidas Fiscales, Administrativas y 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 2000, 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 Decreto 439/2004, 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 439/2004, 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 múltiplex digitales en redes de frecuencia única (BOE nº 290, de 5 de diciembre de 2005).

**Orden ITC/1077/2006 [12], 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 múltiplex 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)

**Real Decreto 1/2009, de 23 de febrero**, de medidas urgentes en materia de telecomunicaciones.

**Real Decreto Ley 11/2009, de 13 de agosto**, por el que se regula, para las concesiones de ámbito estatal, la prestación del servicio de televisión digital terrestre de pago mediante acceso condicional.

**Ley 8/2009, de 28 de agosto**, de financiación de la Corporación de Radio y Televisión Española.

**Real Decreto 365/2010, de 26 de marzo**, por el que se regula la asignación de los múltiplex de la Televisión Digital Terrestre tras el cese de las emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica.

**Ley 7/2010, de 31 de marzo**, General de la Comunicación Audiovisual.



**Resolución de 7 de abril de 2010**, de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 26 de marzo de 2010, sobre renovación, a las sociedades Antena 3 de Televisión, S.A., Gestevisión Telecinco, S.A. y Sogecable, S.A. de las concesiones para la prestación, en régimen de gestión indirecta, del servicio público de televisión terrestre.

**Real Decreto 691/2010, de 20 de mayo**, por el que se regula la Televisión Digital Terrestre en alta definición.

#### **4.8.2 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.



A partir de agosto de 2010: Comienzan a emitir los nuevos canales MPE por las frecuencias por las que emitían los canales analógicos hasta el apagón.

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

FASE 1: 80% de la población antes del 31 de diciembre de 2005.

FASE 2: 85% de la población antes del 31 de julio de 2007.

FASE 3: 88% de la población antes del 31 de julio de 2008.

FASE 4: 90% de la población antes del 31 de diciembre de 2008.

FASE 5: 93% de la población antes del 31 de julio de 2009.

FASE 6: 95% de la población para los emisores privados y 98% para los públicos antes del 3 de abril de 2010.

Los datos de cobertura correspondientes a marzo de 2010 (unos días antes del apagón analógico definitivo) eran del 98,57% de la población a nivel nacional.

### **4.8.3 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 está 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 Gran Canaria los centros principales son La Isleta y Pico de las Nieves. Para cubrir nuestra zona de sombra el reemisor tomará la señal de Pozo de las Nieves para luego emitirla.

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.

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



## Memoria

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.

### 4.8.4 La Televisión después del apagón analógico.

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 existía antes de que se produjera el “apagón analógico”, era el siguiente:

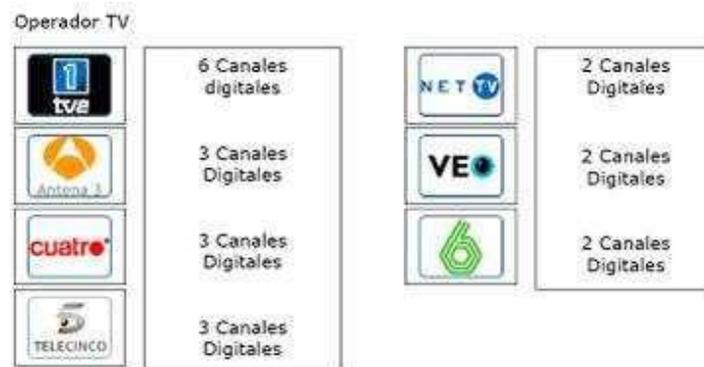


Ilustración 11: Reparto de canales digitales antes del apagón analógico



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

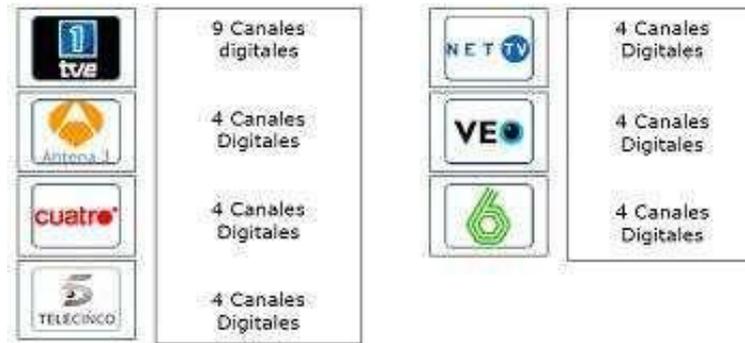


Ilustración 12: Reparto de canales digitales tras el apagón analógico

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 múltiplex digitales de cobertura estatal. Uno de ellos para realizar desconexiones territoriales de ámbito autonómico.
- Cada una de las Comunidades Autónomas dispondrá de dos múltiplex 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.

Entre abril y junio de 2010 se procede a la evaluación del cumplimiento de los requisitos de la Disposición transitoria cuarta del Real Decreto 944/2005 por el cual los operadores privados de ámbito nacional pueden acceder a un canal múltiple completo tras la realización del apagón analógico, lo que les otorga una capacidad de emisión de 19,91 Mbps, suficiente para la emisión de cuatro o cinco programas de televisión estándar.

En el Consejo de Ministros del día 26 de marzo de 2010 se definieron dos fases entre junio de 2010 y enero de 2015 para la asignación de frecuencias:

#### **Fase 1: junio 2010 - marzo 2011**

Asignación a cada operador del espacio equivalente a un canal múltiple de cobertura nacional siempre y cuando haya cumplido los requisitos establecidos en la Disposición transitoria cuarta del Real Decreto 944/2005. Durante esta fase RTVE podrá contar también con dos canales múltiple completos para la difusión de los canales que ya venía emitiendo a través de TDT junto al canal generalista TVE HD, que emitirá en formato de alta definición, y a otro canal por determinar. En este segundo múltiple reemite la señal del canal Teledeporte que venía emitiendo por el canal 66. Este segundo múltiple usará,



en lo posible, la frecuencia analógica de La 2 dentro del proyecto de transición (en el caso de Gran Canaria, el 28)

Para poder otorgar mayor ancho de banda a cada operador **se activarán tres nuevos canales múltiplex**, de uso compartido por todos los operadores, reutilizando las frecuencias por las que hasta abril de 2010 se transportaron las señales analógicas de los operadores Antena 3 de Televisión, Sogecable y Gestevisión Telecinco. Así, dentro de los tres nuevos canales múltiplex, se asignará el espacio de 1 programa a Antena 3 de Televisión, 1 a Sogecable, 1 a Gestevisión Telecinco, 2 a Gestora de Inversiones Audiovisuales La Sexta, 2 a Sociedad Gestora de Televisión Net TV y 2 a Veo Televisión.

El 1 de junio se apagará el canal 66, cuyos programas ya emiten duplicados en otros canales. Por tanto, el canal 66 no se incluirá en este proyecto.

## **Fase 2: marzo 2011 - enero 2015**

Durante esta fase deberán asignarse las frecuencias definitivas para el canal múltiplex de cada operador. Será entonces cuando se planificarán las frecuencias con el fin de liberar los canales 61 a 69, ambos inclusive para satisfacer la demanda del denominado "dividendo digital", que destinará esos canales a otros usos de comunicaciones diferentes al servicio de televisión.

### **4.8.5 Ley General de la Comunicación Audiovisual**

El 1 de abril apareció publicada en el Boletín Oficial del Estado la Ley General de la Comunicación Audiovisual. Esta ley permite regir el sector tras los cambios que implica la implantación de la TDT en nuestro país y las nuevas posibilidades que ofrece, como la televisión de alta definición o la TDT de pago.

Esta ley permite a cada operador de ámbito nacional la difusión de servicios de alta definición siguiendo las normativas y estándares europeos así como la difusión de servicios de pago bajo acceso condicional para los operadores privados, que en ningún caso podrán



dedicar a este fin más del 50% del espacio radioeléctrico asignado. El arrendamiento de canales también está contemplado en esta ley, permitiendo a cada operador de ámbito nacional arrendar hasta el 50% de su capacidad a terceros.

La Ley establece la Creación del Consejo Audiovisual de Medios, que regulará la actividad del sector y tendrá capacidad sancionadora ante los incumplimientos muy graves, graves o leves que puedan cometer los operadores, contemplados todos ellos en la ley.

#### **4.8.6 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.

##### **4.8.6.1 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  $\frac{1}{4}$ :
- 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 19 dB, dependiendo del canal utilizado.

#### **4.8.6.2 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 3: Frecuencias asignadas a los canales 66 al 69

En la Figura 13 se muestran las cadenas de televisión que emitirán en los canales estatales.



Ilustración 13: 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 4: Frecuencias asignadas a los canales 57 al 65

En la Figura 14 se observa la distribución de dichos canales a nivel provincial. Cada comunidad emitirá sus canales autonómicos en caso de tenerlos.



Ilustración 14: Mapa de los canales reservados para los MUX autonómicos con desconexiones provinciales



En la Figura 15 se muestra la distribución de canales a nivel autonómico. Se trata del múltiplex de TVE.



Ilustración 15: 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 5: Frecuencias asignadas a los canales 21 al 56



Esta distribución comenzó a no ajustarse a las necesidades de los operadores y a la disponibilidad del espectro radioeléctrico por lo que quedó sin validez. En la actualidad, la banda UHF se encuentra dividida en dos partes:

**Canales 21 a 60 (470 a 782 MHz):** canales que podrán seguir empleándose tras el "dividendo digital", situado en 2015.

**Canales 61 a 69 (790 a 862 MHz):** canales que deberán cesar su actividad como frecuencias de televisión el 1 de enero de 2015.

#### **4.8.7 Situación de la TDT en Gran Canaria**

Para la planificación del cambio a la Televisión Digital Terrestre se ha partido de la estructura de la red analógica ya existente. Así, se ha identificado la dependencia del tipo "padre hijo" de la red de centros emisores y sus ámbitos de cobertura. Es decir, los centros emisores principales y sus secundarios (centros emisores que reciben y toman la señal proveniente de un centro emisor principal) que abarcan un área de cobertura específica.

Se define Área Técnica como el área cubierta por un centro emisor principal, sus secundarios y por aquellos centros emisores que, aun no tomando la señal del centro emisor principal, su área de cobertura se solape con la del principal o con la de alguno de sus secundarios.

Los **Proyectos de Transición** por su parte son planificaciones programadas del cese de las emisiones analógicas de televisión en un área técnica o en una parte de la misma y de su plena sustitución por emisiones digitales. Por lo general cada proyecto de transición va asociado a un área técnica, incluyendo el centro emisor principal que identifica a aquélla.

Aunque, existen casos en los que se ha dividido el área técnica en varios proyectos de transición con el fin de poder realizar una gestión eficaz del cese de emisiones.



Ilustración 16: Mapa Proyectos de Transición de TV de ámbito nacional

Las fases del apagón, las cuales representan las límites temporales en los que ha de haberse hecho efectivo el total cese de emisiones analógicas en los diferentes Proyectos de Transición y, por ende, en sus correspondientes Áreas Técnicas de referencia. Han sido definidas tres fases:

**Fase I: 30 de junio de 2009.**

**Fase II: 31 de diciembre de 2009.**

**Fase III: 3 de abril de 2010.**

Para Canarias el Plan Nacional de Transición identifica 6 Proyectos de Transición, tal y como se refleja en la siguiente tabla:

PROYECTO DE TRANSICIÓN	CENTRO PRINCIPAL DE EMISIÓN	ÁREA TÉCNICA	FASE	MUNICIPIOS AFECTADOS
LANZAROTE	Montaña Mina	Haría	Fase I	Proyecto Transición LANZAROTE
		Montaña Mina		
POZO DE LAS NIEVES	Pozo de las Nieves	Pozo de las Nieves	Fase I	Proyecto Transición POZO DE LAS NIEVES



PROYECTO DE TRANSICIÓN	CENTRO PRINCIPAL DE EMISIÓN	ÁREA TÉCNICA	FASE	MUNICIPIOS AFECTADOS
LA ISLETA	La Isleta	La Isleta	Fase I	Proyecto Transición LA ISLETA
FUERTEVENTURA	Temejereque	La Antigua	Fase II	Proyecto Transición FUERTEVENTURA
		La Lajita		
LA PALMA	El Paso	Fuencaliente	Fase II	Proyecto Transición LA PALMA
		El Paso		
IZAÑA	Izaña	Izaña	Fase III	Proyecto Transición IZAÑA

Tabla 6: Proyectos de transición de Canarias

La isla de Gran Canaria cuenta con un Área Técnica (AT) denominada La Isleta y otra que se denomina Pozo de Las Nieves. Cada una cuenta con un Proyecto de Transición (PT), del mismo nombre. Este hecho, ha llevado a la división del territorio insular 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.

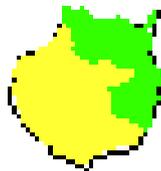


Ilustración 17: Mapa Proyectos de Transición de TV de Gran Canaria

La siguiente tabla muestra los municipios asociados al proyecto de transición del Pozo de las Nieves con la fecha de cese de emisiones establecida:

PROYECTO DE TRANSICIÓN	POZO DE LAS NIEVES	
FECHA LIMITE DEL CESE:	30 DE JUNIO DE 2009	
COMUNIDAD AUTÓNOMA	PROVINCIA	MUNICIPIO
CANARIAS	PALMAS, LAS	Agaete
CANARIAS	PALMAS, LAS	Artenara
CANARIAS	PALMAS, LAS	Mogán
CANARIAS	PALMAS, LAS	San Bartolomé de Tirajana
CANARIAS	PALMAS, LAS	San Nicolás de Tolentino
CANARIAS	PALMAS, LAS	Santa Lucía de Tirajana
CANARIAS	PALMAS, LAS	Tejeda
CANARIAS	PALMAS, LAS	Valsequillo de Gran Canaria
CANARIAS	PALMAS, LAS	Vega de San Mateo

Tabla 7: Municipios de Gran Canaria asociados al Proyecto de Transición de Pozo de las Nieves



Los centros secundarios dependientes del Pozo de las Nieves son:

Agaete, El Risco (Agaete), Artenara, Vega de San Mateo, Cercados de Espino (San Bartolomé de Tirajana), Bahía Feliz (San Bartolomé de Tirajana), San Agustín (San Bartolomé de Tirajana), Valsequillo, Puerto de Arguineguin (Mogán), La Aldea San Nicolás de Tolentino, Playa de Amadores (Mogán), Playa de Mogán (Mogán).

La totalidad de los centros emisores secundarios se encuentran funcionando a día de hoy.

La totalidad de los centros transmite 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 provincia de Las Palmas tiene asignado el múltiplex 60 y para RGE2 el 28.

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 provincia de Las Palmas es el 65, donde actualmente se encuentran cuatro emisoras autonómicas que se distribuyen los tres programas existentes; estas emisoras son TV Canaria, TV Canaria 2, Antena 3 Canarias, además de varias radios. Otro canal autonómico es el 22 que emite en la zona norte de la isla la TV Canaria HD.

A su vez, cada isla tiene asignado un canal múltiplex de cobertura insular. En el caso de Gran Canaria, es el 52. Dicho canal tiene asignados dos programas de explotación pública que se encuentran sin emisión, Canal 9 Las Arenas que sí emite y Localia TV que no emite en la actualidad.

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



### **Memoria**

demarcación. En la demarcación de Telde el canal utilizado es el 63, por el que emiten los programas locales Canal 4 Telde, TIC Canal 8 y Canal 7 GCTV, y el espacio restante está asignado para un canal público de los Ayuntamientos llamado Este Canal.

Por último los 3 nuevos canales que se han añadido en Agosto de ámbito nacional de la red MPE para la demarcación de Las Palmas son 35, 32 y 38 respectivamente.



## 5 La liberación del dividendo digital.

### 5.1 Dividendo Digital

El Dividendo Digital es el conjunto de frecuencias que han quedado disponibles en la banda de frecuencias tradicionalmente utilizada para la emisión de la televisión, gracias a la migración de la televisión analógica a la digital. Para que los ciudadanos puedan disfrutar de este dividendo en forma de nuevos servicios de banda ancha inalámbrica, es necesario disponer de un conjunto de frecuencias contiguo. En Europa se ha determinado que este conjunto de frecuencias será la banda de 800 MHz (790-862 MHz). En España, en la actualidad, las frecuencias del dividendo digital, estaban esparcidas, y la banda de frecuencias de 800 MHz estaba ocupada, en parte, por algunos canales de la TDT (canales 61 al 69 de UHF). La liberación del Dividendo Digital es el proceso de reordenación de frecuencias necesario para que la banda 800 MHz quede disponible en toda Europa. Tras la liberación, la banda de 800 MHz dejará de utilizarse para la transmisión de la TDT y se asignará a los operadores de telefonía móvil para prestar nuevos servicios de banda ancha de cuarta generación (4G).

### 5.2 ¿Qué es el dividendo digital y en qué consiste su liberación?

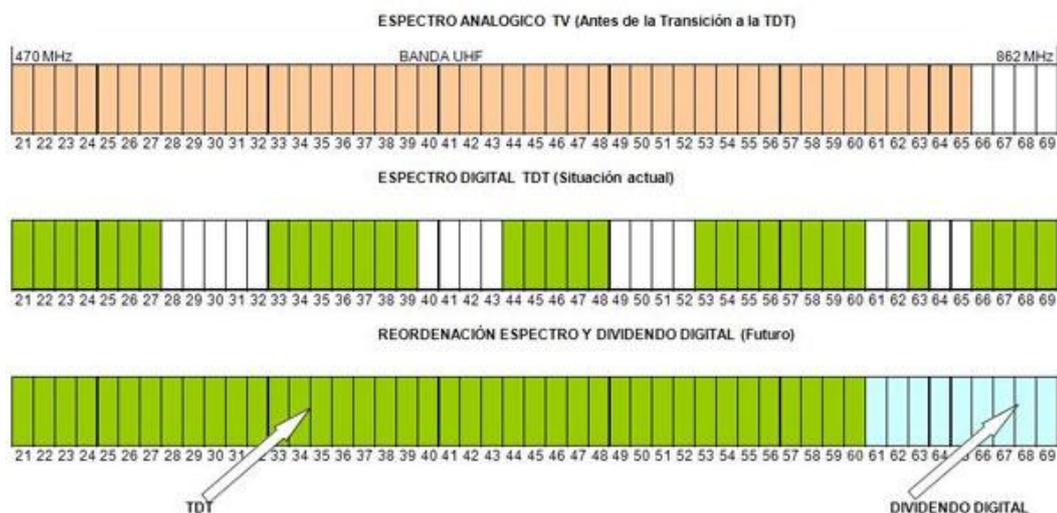
La televisión analógica ha utilizado para su emisión desde principios del segundo cuarto del pasado siglo XX, parte de la banda de frecuencias de VHF (47 a 230 MHz) y parte de la banda de UHF (470 a 862 MHz). La llegada de las tecnologías digitales, así como de nuevos sistemas de compresión de información, permitió reducir el número de frecuencias necesarias para la transmisión de la televisión, de modo que en el espectro necesario para transmitir un programa de televisión analógica, se pueden transmitir hasta 6 programas de televisión con tecnología digital con calidad equivalente. La migración de la televisión analógica a la digital supuso una gestión más eficiente del espectro radioeléctrico, que es un bien valioso y escaso, y permitió obtener un dividendo en forma de nuevas frecuencias disponibles, que se conoce como Dividendo Digital. Estas frecuencias disponibles pueden ser utilizadas para diversos fines, por ejemplo, nuevos



programas de televisión de ámbito regional o nacional, televisión de alta definición o la prestación de servicios de banda ancha móvil.

Para que los ciudadanos puedan disfrutar del dividendo digital en forma de nuevos servicios de banda ancha móvil de cuarta generación (4G), es necesario disponer de un conjunto de frecuencias contiguo.

En la figura 17 se puede apreciar la evolución de las atribuciones de espectro en la banda de televisión, antes de la migración a la televisión digital, después de la migración, y el resultado tras la liberación del Dividendo Digital.



**Ilustración 18: Evolución de las atribuciones de espectro en la banda tradicionalmente utilizada para la emisión de la televisión 470-862 MHz**

La liberación del dividendo digital para prestar servicios de banda ancha, es buena para el desarrollo económico, numerosos estudios asocian la expansión de la banda ancha con incrementos en el crecimiento económico, mejoras de la productividad e impulso del empleo. Además, el tráfico de datos móviles, está experimentando un incremento exponencial en Europa, lo que implica una mayor necesidad de frecuencias para poder prestar el servicio con la calidad adecuada, ver figuras 18 y 19.



### IMPACTO DE LA BANDA ANCHA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL PIB

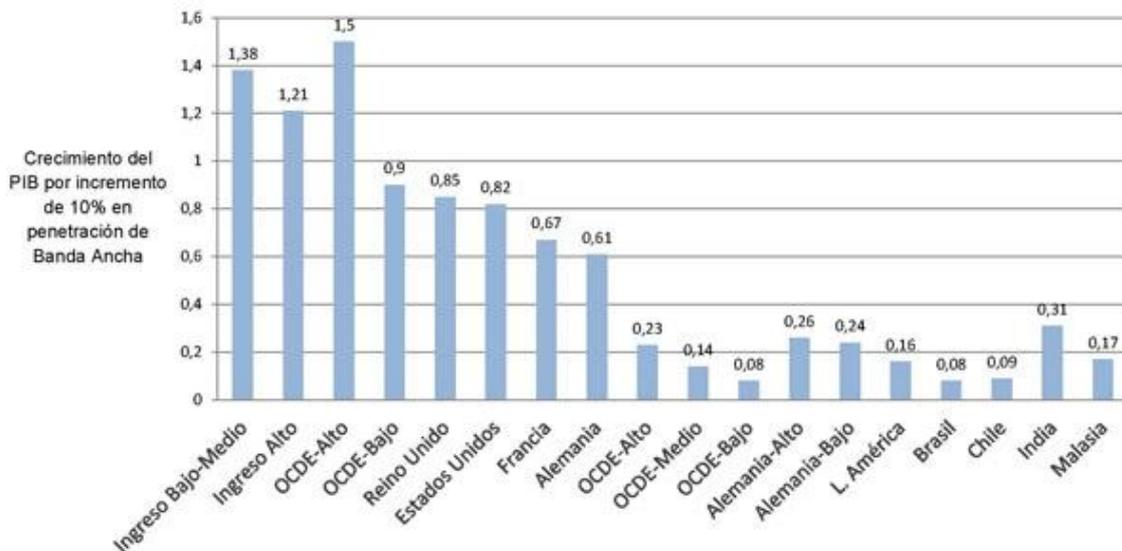


Ilustración 19: Gráfico de Contribución al crecimiento del PIB de un incremento del 10% en la penetración de la Banda Ancha en diferentes regiones en diferentes estudios. España se encuentra dentro del grupo OCDE alto nivel de ingreso. Fuente. R. Katz (2010) El impact

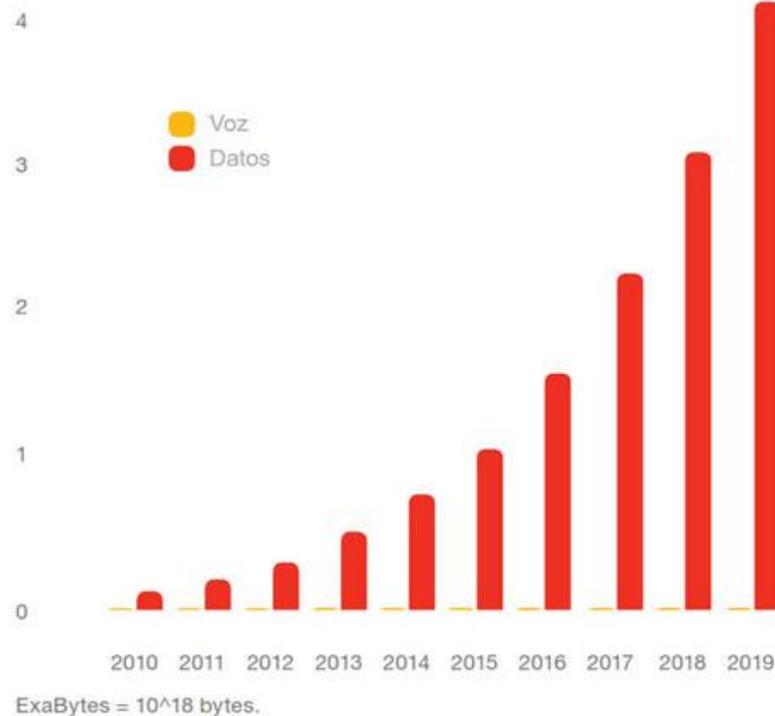


Ilustración 20: Gráfico de Previsión de crecimiento de la demanda del tráfico de banda ancha móvil en Europa. Fuente. Ericsson, informe sobre tecnologías móviles en Europa

La banda de 800 MHz tiene un gran potencial para el suministro de servicios en movilidad, ya que tiene mejores propiedades de propagación y penetración en el interior de edificios



que las bandas con frecuencias más altas, utilizadas en la actualidad para 3G y 4G, lo que se traduce en un servicio de banda ancha más barato y de mejor calidad para los ciudadanos.

La universalidad de la banda ancha sólo puede conseguirse de manera económicamente viable usando tecnologías inalámbricas. La banda 800 MHz representa una oportunidad única para proporcionar servicios de banda ancha en zonas rurales, disminuyendo con ello la brecha digital. Asimismo, la banda de 800 MHz es imprescindible para estimular el despliegue de los servicios móviles de cuarta generación, y la creación de nuevas oportunidades para la innovación en sectores orientados a los servicios como la salud, educación, y el gobierno electrónico. Además la disponibilidad de la banda de 800 MHz incrementará la competencia entre los prestadores de servicios de banda ancha, lo que se traducirá en una mayor eficiencia de los mercados y precios más bajos para los usuarios.

Todos estos factores han llevado a alcanzar un consenso general a nivel mundial, para disponer de manera urgente de espectro radioeléctrico adicional para banda ancha móvil.

La Oficina de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la agencia especializada en telecomunicaciones de las Naciones Unidas, estimó en 2007 unas necesidades para banda ancha móvil de entre 1.280 MHz y 1720 MHz adicionales para 2020, especialmente en bandas de frecuencias por debajo de 1 GHz, para reducir la brecha digital en zonas rurales y satisfacer la creciente demanda de banda ancha. Sin embargo el incremento exponencial del tráfico ha hecho que estas previsiones se hayan quedado cortas, y la UIT está realizando un nuevo estudio para re-evaluar las necesidades de espectro.

En Europa la Comisión Europea acordó el uso armonizado de la banda de 800 MHz, lo que permitirá que disfrutemos de móviles más económicos y que nuestro terminal pueda conectarse con tecnología 4G en la banda 800 MHz en toda Europa. El despliegue de instalaciones LTE en la banda 800 MHz por los operadores, será también más económico, lo que posiblemente redundará en costes más bajos del servicio para los usuarios. El motivo es que el precio de fabricación de los componentes necesarios para transmitir y



recibir en la banda 800 MHz, se reduce cuantos más componentes se fabriquen. Como todos los europeos utilizaremos la misma banda se reducirá el precio de los componentes.

Desde el punto de vista regulatorio, la **Conferencia Regional de Radiocomunicaciones** de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), aprobó el Plan de Ginebra en junio de 2006, acordando el uso de toda la banda UHF 470-862 MHz (canales radioeléctricos 21 a 69) para los servicios de radiodifusión en la región 1 -esta región incluye Europa-. Sin embargo, con posterioridad, ante el crecimiento de la demanda de banda ancha, la **Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones** de 2007 aprobó, para la región 1, la atribución de la sub-banda de frecuencias 790-862 MHz, al servicio de comunicaciones móviles con carácter co-primario con los servicios de radiodifusión.

En el ámbito europeo, la Comisión Europea publicó en 2010 la **Decisión 2010/267/UE**, mediante la cual armonizaba las frecuencias del dividendo digital para su utilización por servicios de banda ancha móvil, para aprovechar mejor los beneficios de la banda ancha inalámbrica. Posteriormente, en 2012, la **Decisión 243/2012/UE**, establecía que los Estados Miembros, deben garantizar la disponibilidad del Dividendo Digital para servicios de banda ancha móvil antes del 1 de Enero de 2013, permitiéndose aplazamientos en casos excepcionales. España, solicitó dicho aplazamiento, que fue concedido por la Comisión Europea.

**En España** la regulación y planificación radioeléctrica de los múltiplex digitales tras el cese de emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica fue regulado en el **Real Decreto 944/2005**, de 29 de julio, y modificado posteriormente por el **Real Decreto 365/2010**, el **Real Decreto 169/2011** y la **Ley 2/2011 de Economía sostenible**, para tener en cuenta las decisiones regulatorias que los organismos internacionales especializados en telecomunicaciones y las instituciones comunitarias adoptaron, para que la banda de 800 MHz, pueda ser utilizada por servicios de banda ancha móvil.

Mediante la promulgación del **Real Decreto 805/2014** por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital terrestre y se regulan determinados aspectos para la liberación del dividendo digital se establece un nuevo escenario para la reordenación del espectro y del proceso de liberación del dividendo digital que sustituye al previsto en el



Real Decreto 365/2010, 26 de marzo, por el que se regula la asignación de los múltiplex digitales de la televisión digital terrestre tras el cese de las emisiones de televisión terrestre con tecnología analógica.

Las acciones necesarias para ejecutar las actuaciones previstas en el citado real decreto, y asegurar el cumplimiento de las previsiones incluidas en el mismo, se recogen en el **Plan de Actuaciones para la Liberación del Dividendo Digital**.

### **5.3 Definición, coordinación y ejecución de las actuaciones**

#### **5.3.1 Se publica el plan de actuaciones para la liberación del Dividendo Digital**

30/09/2014

El **objetivo** del Plan de Actuaciones es la definición, coordinación y ejecución de las actuaciones previstas en el Real Decreto 805/2014, de 19 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre y se regulan determinados aspectos para la liberación del Dividendo Digital.

El Plan persigue la ejecución de las acciones necesarias, minimizando en lo posible el impacto en los ciudadanos y agentes afectados, de acuerdo a los plazos y requerimientos establecidos en el citado Real Decreto.

El 3 de abril de 2010 se completó con éxito el proceso de transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT), con el cese definitivo de las emisiones analógicas.

El reordenamiento del espectro radioeléctrico requiere ahora iniciar las actuaciones tendentes a liberar la subbanda de frecuencias comprendidas entre los 790 y los 862 MHz del uso del servicio de la televisión digital terrestre, de forma que antes del 1 de enero de 2015 dicha subbanda esté disponible para otros usos y servicios.

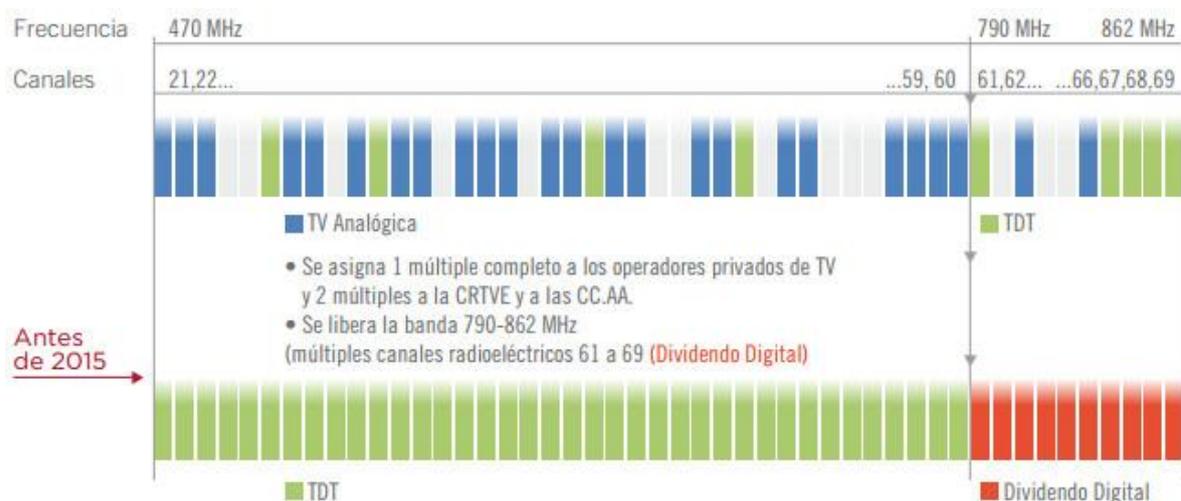
Dichas actuaciones conocidas como dividendo digital, tienen por objetivo final que el servicio de TDT se explote en la banda de frecuencias de 470 a 790 MHz, de modo que la



subbanda de frecuencias de 790 a 862 MHz (canales radioeléctricos 61 a 69), quede reservada para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de carácter paneuropeo, tal y como establece la Ley de Economía Sostenible.

Así, el reciente acuerdo del Consejo de Ministros de 18 de noviembre de 2011, aprobó el Plan Marco de Actuaciones para la Liberación del Dividendo Digital, por el que se establecen las actuaciones necesarias para la liberación de las frecuencias radioeléctricas que constituyen el llamado dividendo digital, para que puedan ser utilizadas por los operadores de telecomunicaciones para prestar servicios avanzados de comunicaciones electrónicas.

De este modo, las bandas que conforman el dividendo digital se dedicarán a servicios que son considerados clave para la recuperación económica, como los servicios de banda ancha. Así, la consecución del dividendo digital y el desarrollo de nuevos servicios y tecnologías en esta banda de frecuencias son fundamentales para alcanzar el objetivo de cobertura de banda ancha a 30 Mbps del 100 por 100 de los ciudadanos antes de mayo de 2020, según establece la Agenda Digital Europea.



**Ilustración 21: Reordenamiento del espectro radioeléctrico para disponer del Dividendo Digital**

Con el Plan se persigue asegurar el mantenimiento del servicio público de televisión, minimizando al máximo posible el impacto en los ciudadanos y difusores derivado de este proceso de reordenación paneuropea del espectro radioeléctrico. Al mismo tiempo, se



### **Memoria**

cumplirán los compromisos adquiridos con los operadores que se han adjudicado frecuencias en la banda de 790 a 862 MHz en las licitaciones que se han llevado a cabo recientemente.

Este planeamiento afectará a todos los sistemas de difusión de señales de TDT, entre los que se encuentran los Gap-Fillers o reemisores de televisión, por lo que centraremos nuestro trabajo en la explicación de un sistema de broadcast actualmente operativo en San Bartolomé de Tirajana (Gran Canaria) y que requerirá su adaptación de frecuencias al nuevo marco regulatorio.



## 6 Los micro-remisores o Gap –Fillers

### 6.1 Introducción al micro reemisor o Gap-Filler

Uno de los objetivos principales que hemos perseguido en este trabajo, además de repasar los fundamentos teóricos de la TDT, es la implantación real de una estación reemisora o *gap-filler* que nos permita cubrir radioeléctricamente una zona concreta de nuestra isla con problemas para la captación de la señal de televisión digital terrestre. Comenzaremos explicando sucintamente como opera un Gap-Filler, literalmente un “rellenador de huecos” y qué ventajas nos proporciona:

- Se trata de 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  $\mu$ seg).
- 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, el número de *gap-fillers* con filtro cancelador de ecos que se pueden emplear en cascada es limitado, 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 ofrece muchas reflexiones, el efecto de la dispersión temporal no corregida puede acumularse y degradar paulatinamente la calidad de señal.



## 6.2 Descripción de los Gap-Filler

Entre sus ventajas los Gap-Fillers ofrecen su bajo coste y complejidad reducida, ya que su equipamiento e instalación son sencillos, al no disponer de modulador ni de GPS, a la vez que se evita la red de transporte hasta el emplazamiento.

Los *gap-fillers* (GF) son un sistema cocanal realimentado donde, además de la señal primaria recibida de la estación emisora, en este caso de Retevisión (Pozo de las Nieves), se recibe parte de su propia transmisión, debido al acoplamiento existente entre sus antenas transmisora y receptora. A la entrada del receptor del GF existen ecos provenientes de reflexiones de la señal reflejada en objetos del escenario debido al efecto multicamino y a los lóbulos secundarios de las antenas.

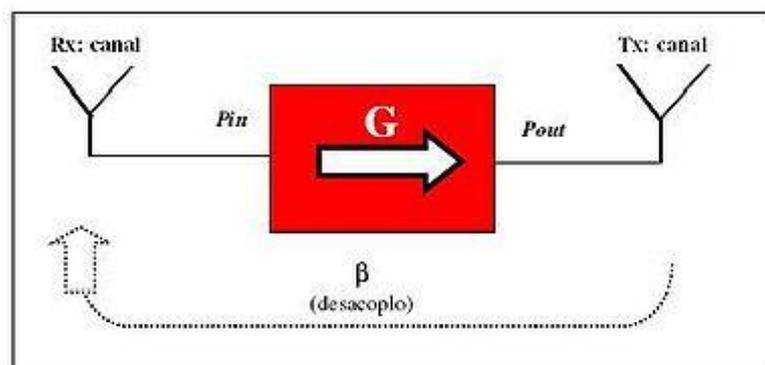


Ilustración 22: SFN: mismo canal de entrada y de salida. Gap-Filler, caracterización de la realimentación cocanal

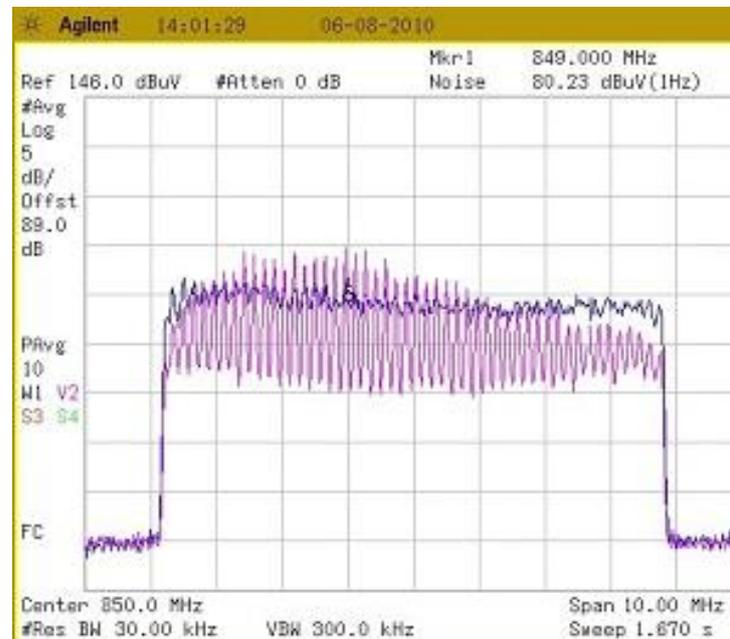
En un GF convencional sin unidad canceladora de ecos la señal de salida consiste en una sucesión de ecos, cada uno de ellos retardados y atenuados respecto al anterior. Para caracterizar la realimentación del GF se utiliza el parámetro Margen de Ganancia, que se define como la diferencia entre el aislamiento entre antenas (*Isolation* - *I*) y la ganancia del GF (*Gain* - *G*).

De esta manera el Margen de Ganancia (dB) =  $I - G < 1$

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. Esto implica que hay que establecer un valor mínimo del Margen de Ganancia para garantizar el correcto funcionamiento del GF.



**Ilustración 23: Medición de canal TDT en laboratorio**

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.

- Si el nivel del eco es **10dB menor** que el nivel de señal no se necesita cancelador
- Si el nivel del eco es **hasta 10dB mayor** que la señal es necesario el cancelador



### 6.3 Cancelador de ecos de los Gap-Filler

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).

La unidad canceladora debe ser capaz de suprimir los ecos en la mayor medida 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  $\mu$ s 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.

Para calcular el nivel del eco recibido es necesario conocer el aislamiento entre los paneles emisores y la antena de recepción. Este aislamiento depende de la separación entre antenas, de su posición, directividad, así como de la frecuencia empleada.

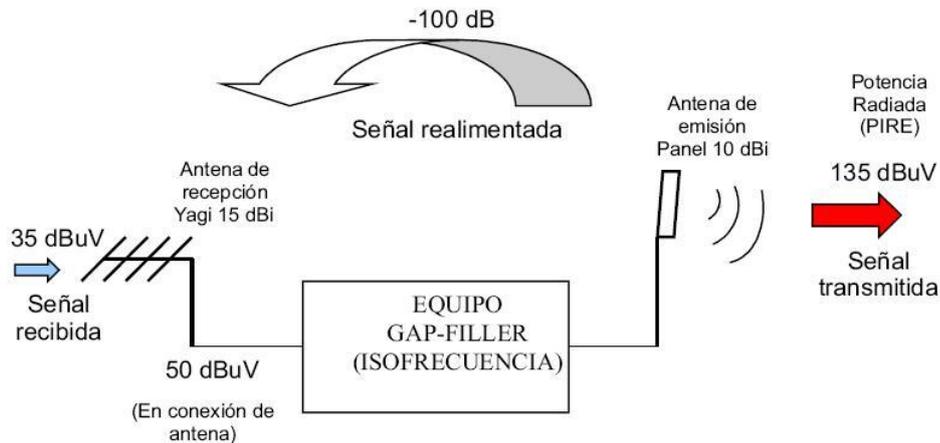


Ilustración 24: Esquema básico de Gap-Filler, balance de potencias

Aplicando la Fórmula de Friis y en función del valor obtenido, se definen las pérdidas básicas de propagación en condiciones de espacio libre como el cociente entre la potencia radiada por la antena transmisora y la captada por la receptora, que en dB, y para una separación típica de 20 metros, se puede expresar la atenuación global como:

$$L \text{ (dB)} = 32,45 + 20 \text{ Log } f \text{ (MHZ)} + 20 \text{ Log } d \text{ (Km)}$$

$$L \text{ (dB)} = 32,45 + 20 \text{ Log } 822 \text{ (MHz)} + 20 \text{ Log } 0,02 \text{ (Km)} = 56,76 \text{ dB}$$

Pues bien, considerando un nivel de señal en recepción = 50 dBuV y que la potencia del equipo sea de 1W (135 dBuV) de PIRE, donde ya hemos considerado las ganancias de las antenas y para una separación entre ellas de 20 metros, el nivel del eco de la transmisión sería, tomando en cuenta las pérdidas debidas a que la onda electromagnética se propaga y se atenúa en el espacio según la ley de la inversa con la distancia:

$135 \text{ dBuV} - 56,76 \text{ dB} = 78,23 \text{ dBuV}$ , que está por encima del nivel de la señal útil de recepción y el equipo necesitaría un cancelador que ofreciera más atenuación. Adjunto representamos las características en cuanto al rango de operación típico de los dos tipos de canceladores existentes y sus ventanas temporales.



COMPARATIVE TABLE	DEEC Doppler Enhanced Echo Cancellor	DAE Digital Adaptive Equalizer
Gain Range (signal-echo)	-24dB	-10dB
Cancellation window	0.5 - 18.5 $\mu$ s*	0 - 8 $\mu$ s
Features	Doppler cancellation	Spectrum equalization

Ilustración 25: Características de los dos canceladores de eco existentes

## 6.4 Figura de mérito de la calidad global -MER

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 8  $\mu$  s. Notar que este retardo no es significativo frente al intervalo de guarda tolerable en redes SFN (hasta 224  $\mu$  s).

Se introduce una degradación en la calidad de la señal retransmitida, ya que la señal no es tan pura como la de un transmisor primario, así como un retardo temporal. Esta degradación se debe al propio GF (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.

## 6.5 Aislamiento Tx - Rx en los Gap-Fillers

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 modulación del canal, pudiendo llegar a ser hasta 2 dB superior en comparación con entornos semi - estáticos. 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 y su aislamiento puede variar entre 15 y 25 dB a lo largo de la banda UHF. 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 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. 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*.

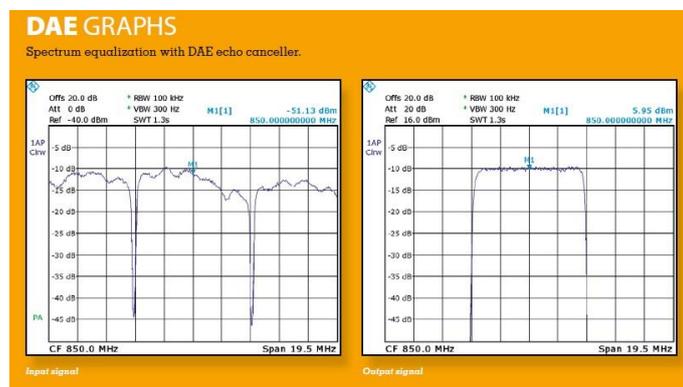


Ilustración 26: Comparativa de la señal antes y después del Gap-Filler con cancelador de eco DAE

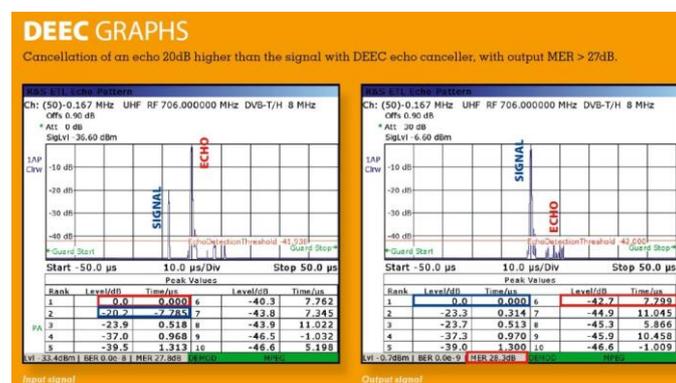


Ilustración 27: Comparativa de la señal antes y después del Gap-Filler con cancelador de eco DEEC



## 6.6 Tipos de Gap-Fillers

- *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.

- *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 áreas con bajo nivel de 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 sólo canal.

- *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, como su propio nombre indica, reciben una señal regenerándola a su salida, lo que permite que su tasa de error sea nula.

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.



## 7 Gap -Filler como extensor de cobertura DVB-T.

Este trabajo está basado en el estudio real de viabilidad radioeléctrica realizado para obtener una adecuada cobertura de las señales de la Televisión Digital Terrestre en determinadas zonas rurales del municipio de San Bartolomé de Tirajana, en el sur de Gran Canaria y en concreto en los barrios de Risco Blanco y Taidía, situados en la Caldera de las Tirajanas y que como se aprecia presenta una orografía muy escarpada.

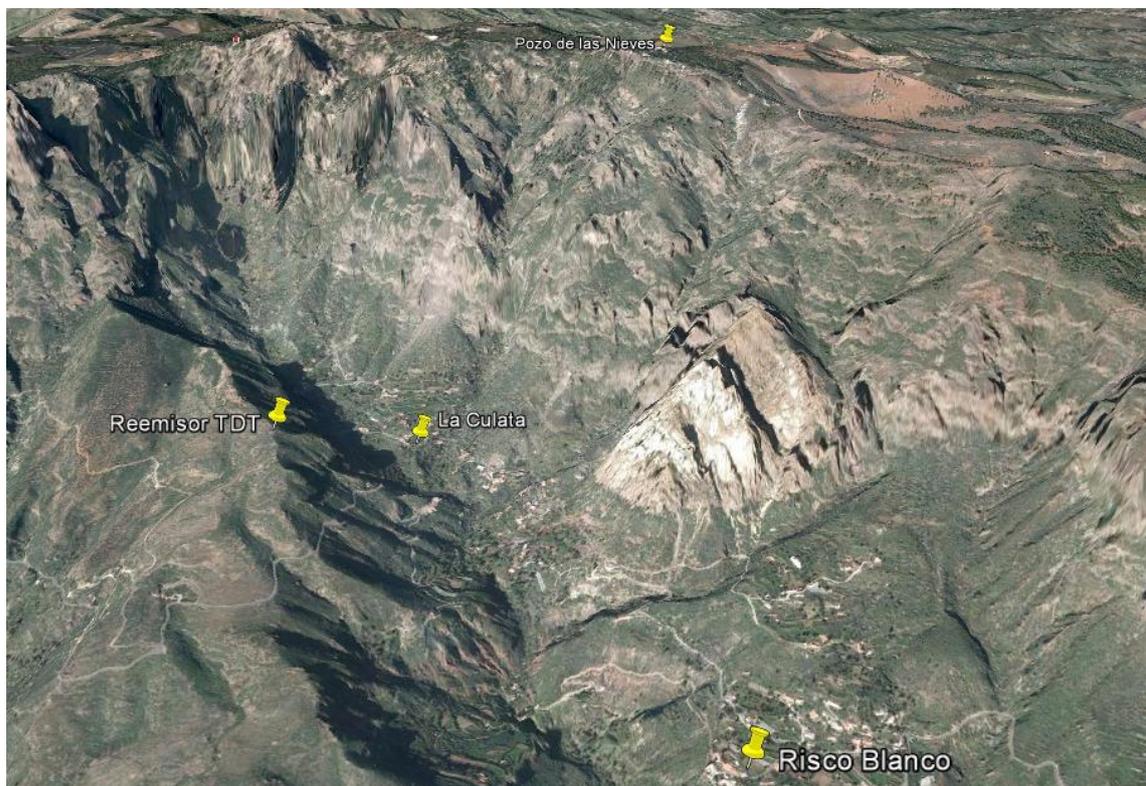


Ilustración 28: Zona sin cobertura TDT: Caldera de las Tirajanas San Bartolomé - Gran Canaria



## 7.1 Planteamiento inicial

Se realizó un estudio de las señales de TDT que se recibían de la estación primaria del Pozo de las Nieves, observándose un hueco de cobertura total en las pretendidas zonas de servicio y que afectan a los barrios señalados. Para solucionar el problema se propuso la implantación de un Reemisor o Gap –Filler que extendiera la cobertura sobre las mismas, aumentando los niveles de radiofrecuencia sobre el disperso tejido de casas rurales.

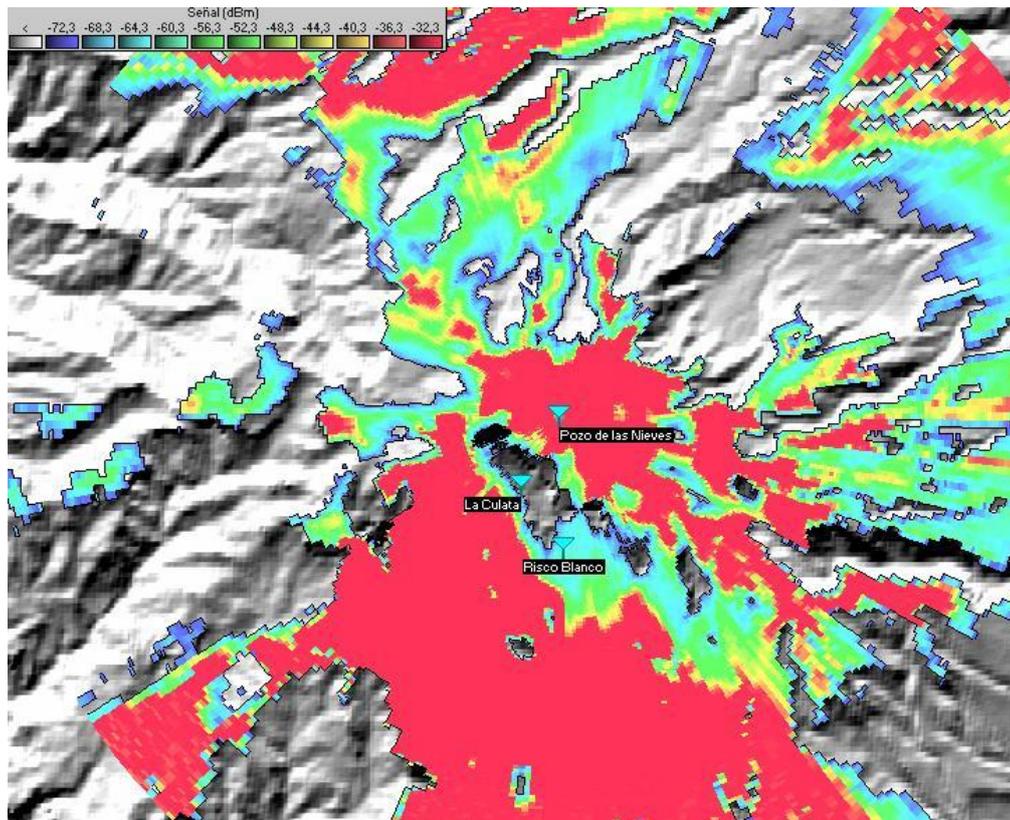


Ilustración 29: Diagrama de cobertura TDT –Pozo de las Nieves

## 7.2 Cálculo de la intensidad de campo necesario

En primer lugar, se determinó el tipo de recepción 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 que corresponde con las instalaciones en viviendas. 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 multi trayecto pero con señal directa dominante. Para este canal la C/N se estima en 17,1 dB.

Para los cálculos de recepción fija se considera:

- Ancho de banda equivalente de ruido:  $B=7,6$  MHz
- Temperatura de referencia:  $T_0 = 290$ K.
- Constante de Boltzmann:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  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, donde F es su factor de ruido.

- Potencia de ruido:  $P_n = F + 10 \log(k \times T_0 \times B) = -128,2$  dBW.
- Nivel mínimo:  $P_s = P_n + C/N = -111,1$  dBW =  $-81,1$  dBm (25,9 dB $\mu$ V).

De acuerdo con el informe TR 101 1890 del 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  $F = 7$  dB.

Aunque el citado informe 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 (con referencia al dipolo en  $\lambda/2$ ), 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<sub>2</sub> ó  $-5,4$  dBm<sub>2</sub> (Área efectiva de antena, en unidades logarítmicas).
- $L_f = 3$  ó  $5$  dB (Pérdidas en cables y conectores).
- $\Phi_{\text{mín}} \text{ (dBW/m}^2\text{)} = P_s - A_a + L_f$  (Densidad de flujo de potencia).
- $E_{\text{mín}} \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = \Phi_{\text{mín}} + 120 + 10\log(120 \pi)$  (Campo mínimo).

Con los valores anteriores se obtiene:

- Banda IV (500 MHz) \_  $E_{\text{mín}} = 41,0$  dB $\mu$ V/m
- Banda V (800 MHz) \_  $E_{\text{mín}} = 45,1$  dB $\mu$ V/m

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  $\sigma = 5,5$  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 dB $\mu$ V/m, se asemeja a la campana de Gauss, con un valor mediano (superado en el 50% de ubicaciones) y una desviación típica.

Por lo tanto, 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 será el valor mediano de la intensidad de campo, en el límite de la zona de cobertura, tomado como dato de entrada para los estudios de propagación posteriores.

La función de densidad de probabilidad de la intensidad de campo, para diferentes valores medianos de E coincide con el mínimo y 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  $\sigma$ , mientras que para cubrir el 95% el margen es 1,64 veces  $\sigma$ . Así, 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):  $0,52 \cdot 5,5 = 2,9$  dB.
- Margen para 95% (buena):  $1,64 \cdot 5,5 = 9$ dB.

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

- 500MHz: Aceptable:  $E_{med} = 43,9$  dB $\mu$ V/m ---- Buena:  $E_{med} = 50,0$  dB $\mu$ V/m
- 800MHz: Aceptable:  $E_{med} = 48,0$  dB $\mu$ V/m ---- Buena:  $E_{med} = 54,1$  dB $\mu$ V/m

El significado de estos valores es el siguiente:

Para la frecuencia de 500MHz, si el valor mediano de campo en un “área pequeña”, supera los 43,9 dB $\mu$ V/m, entonces al menos en el 70% de las localizaciones se supera el campo mínimo de 41,0 dB $\mu$ V/m. Igualmente, si el valor mediano supera los 50,0 dB $\mu$ V/m se tendrá que en el 95% de ubicaciones se superan los 41,0 dB $\mu$ V/m.

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 346/2011 [16], 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 viene dado por la siguiente fórmula:  $3 + 20 \log f$  (MHz) (dB  $\mu$  V/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.

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 dB  $\mu$  V/m
- 800 MHz: 61,0617 dB  $\mu$  V/m

Por tanto y como resumen a los dos métodos empleados, se muestran en la siguiente tabla los valores para las frecuencias extremas de 500 MHz y 800 MHz:

<b>Cobertura</b>	<b>Aceptable</b>		<b>Buena</b>	
<b>Recepción Fija</b>	43,9 dB $\mu$ V/m	48,0 dB $\mu$ V/m	50,0 dB $\mu$ V/m	54,1 dB $\mu$ V/m
<b>RD 346/2011</b>	56,98 dB $\mu$ V/m	61,06 dB $\mu$ V/m	-	-

Tabla 8: Comparativa del cálculo de niveles mínimos por los dos métodos

Este tipo de recepción fija se considera para una vivienda unifamiliar que son frecuentes en zonas rurales. 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.

Este trabajo, se va a remitir a los múltiplex: 22 (televisión local), 28, 31, 32, 35, 36 y 38. El nivel de campo registrado en la población y proveniente del Pozo de las Nieves para cada uno de estos múltiplex se muestra en la siguiente tabla (Notar que se ha tomado como referencia la frecuencia central del intervalo que ocupa cada múltiplex):

<b>Canal</b>	<b>Múltiplex</b>	<b>Frecuencia (MHz)</b>	<b>Ganancia antena (dBi)</b>	<b>Intensidad de campo eléctrico E (dB<math>\mu</math>V/m)</b>	<b>Intensidad de campo eléctrico V (dB<math>\mu</math>V)</b>
22	MAUT	482	14,65	33,16	24,91
28	RGE1	530	14,65	34,25	25,17
31	MPE4	554	14,65	31,80	22,34



Canal	Múltiplex	Frecuencia (MHz)	Ganancia antena (dBi)	Intensidad de campo eléctrico E (dBμV/m)	Intensidad de campo eléctrico V (dBμV)
32	MPE2	562	14,65	45,09	35,51
35	MPE1	586	14,65	38,54	28,59
36	RGE2	594	14,65	37,44	27,37
38	MPE3	610	14,65	37,86	27,56

Tabla 9: Medición de niveles de señal en la población procedente de Pozo de las Nieves

Como podemos observar los niveles de señal son muy escasos por lo que se hace necesario la instalación de un reemisor para mejorar la cobertura de la zona. A continuación exponemos los múltiplex y canales que se emiten actualmente y como quedarán configurados con la nueva reestructuración.

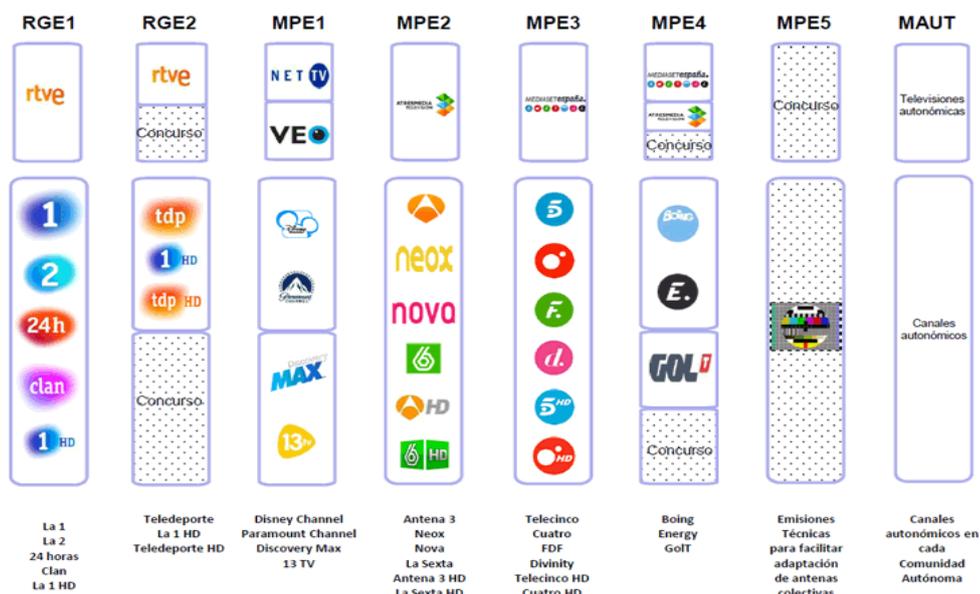


Ilustración 30: Múltiplex digitales nacionales y autonómicos tras la liberación del Dividendo Digital

### 7.3 Margen dinámico y niveles de señal de los múltiplex recibidos

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 Pozo de las Nieves (1907 mt., 27°57'38"N y 15°33'33"O).



## Memoria

La estación se encuentra en un monte situado sobre el barrio de la Culata, su ubicación geográfica es  $27^{\circ}56'48,30''N$  y  $15^{\circ}34'07,50''$  con una cota de 1247 mt. 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.



Ilustración 31: Perspectiva desde el centro microreemisor: La Culata, Risco Blanco y Taidía

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:

$$f = 618 \text{ MHz}$$

$$G_r = 17 \text{ dB}$$

$$Z_0 = 50 \Omega$$

$$A_t = 8,56 \text{ dB}$$



## Memoria

Donde  $G_r$  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*, incluyendo las pérdidas introducidas por el distribuidor que separa la señal para cada uno de los *gap-filler* (5dB), por el cable, latiguillos y conectores. Este valor es aproximadamente 8,56 dB.

Se toma como frecuencia la central del ancho de banda que se reemite. Teniendo en cuenta que el canal radioeléctrico de más baja frecuencia de los reemitidos es el 22 (que abarca de los 478 a los 486 MHz) y el de más alta frecuencia sería el 56, asignado al múltiplex MPE5 (que abarca de los 750 a los 758 MHz), dicha frecuencia central será:  $(478 + 758) / 2 = 618$  MHz.

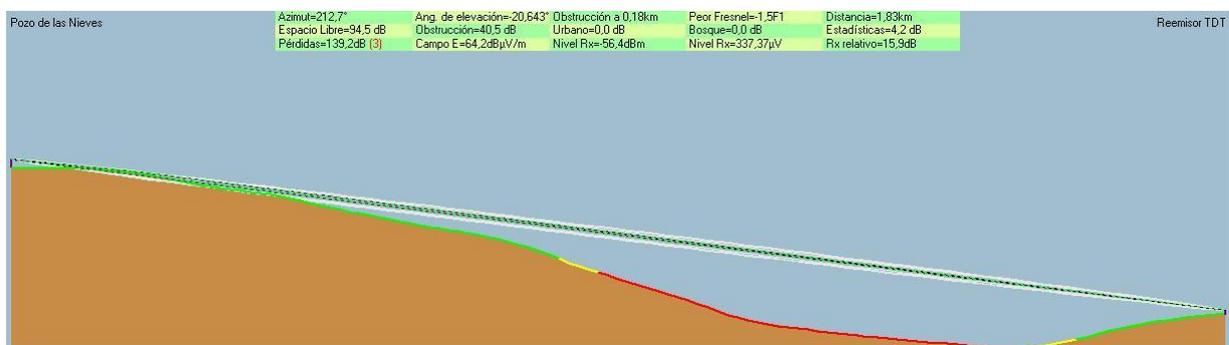


Ilustración 32: Perfil geográfico desde Pozo de Las Nieves hasta la ubicación futura del Reemisor TDT

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

$$P_{in} (dBm) = E_r (dB\mu V/m) - K - 107$$

$$K = 20 \log f (MHz) - G_r + A_t - 29,78$$

La potencia de entrada al *gap-filler* tiene un margen de funcionamiento del receptor de entre -70 dBm y -20 dBm, por tanto obtenemos los siguientes resultados:

$$K = 20 \log (618) - 17 + 8,56 - 29,78 = 17,60 \text{ dB}$$

$$E_r \text{ mínimo } (dB\mu V/m) = -70 + 17,60 + 107 = 54,60 \text{ dB}\mu V/m$$

$$E_r \text{ máximo } (dB\mu V/m) = -20 + 17,60 + 107 = 104,60 \text{ dB}\mu V/m$$



Canal	Multiplex	Frecuencia (MHz)	Ganancia antena (dBi)	Intensidad de campo eléctrico (dB $\mu$ V/m)	Intensidad de campo eléctrico (dB $\mu$ V)
22	MAUT	482	14,65	75,95	67,70
28	RGE1	530	14,65	76,23	67,15
31	MPE4	554	14,65	75,76	66,30
32	MPE2	562	14,65	81,20	71,62
35	MPE1	586	14,65	75,18	65,23
36	RGE2	594	14,65	75,24	65,17
38	MPE3	610	14,65	74,49	64,19

Tabla 10: Medición de niveles de señal en el emplazamiento procedente de Pozo de las Nieves

Viendo estos resultados podemos considerar que este emplazamiento presenta los adecuados niveles de señal para su reemisión puesto que todos canales llegan al receptor entre los límites del margen de funcionamiento, superando el mínimo calculado en 20,58 dB.

Se han considerado unas pérdidas de 0,78 dB por pérdidas entre conectores y cableado desde la antena al equipo de medida.

Además la medida de la tasa de error de modulación o MER (Modulation Error Ratio) nos 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 y su valor debe estar por encima de los 25 dB.

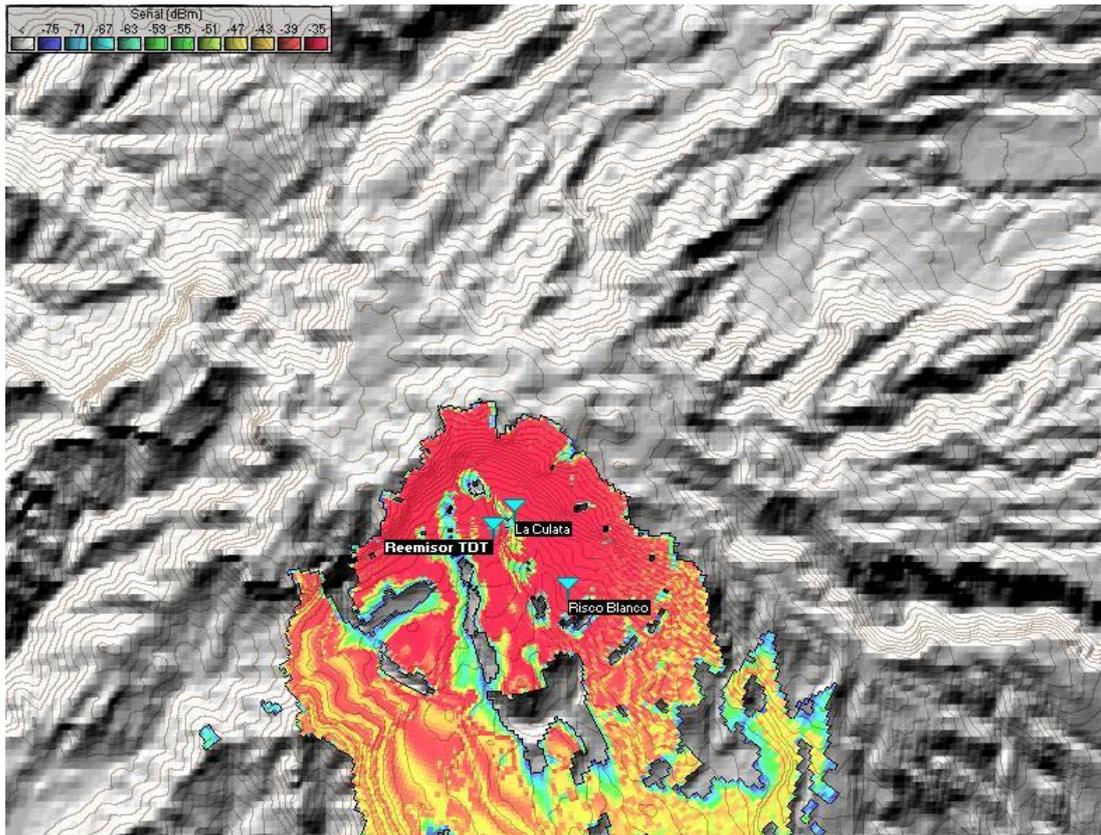


Ilustración 33: Huella de la cobertura radioeléctrica obtenida con el rellenedor de huecos de señal TDT

#### 7.4 Características técnicas de diseño de la estación transmisora.

La estación transmisora constará de dos rack de 5U de altura que albergarán los sistemas transmisores y demultiplexores, el primer rack con cuatro múltiplex y el segundo con tres. Cada uno de los racks dispondrá de un demultiplexor para obtener los canales correspondientes y tratarlos en los módulos gap-filler con canceladores de ecos integrados.

Las señales obtenidas, tras el tratamiento y amplificación, se llevarán a un tetraplexor que mezclará cuatro canales y un triplexor del que obtendremos los otros tres. Las salidas se conectarán a dos paneles transmisores para difundir los canales hacia la población de Risco blanco y sus alrededores.

El reemisor es de la marca TRedess (TRANSMISOR TDT BROADCAST DVB-T/T2 GAP-FILLERS 1W). La potencia de salida de cada canal vendrá indicada por el peor de



los casos, la potencia del canal más alto que vaya en ese multiplexor, para que todos los canales de este salgan con el mismo nivel y no se enmascaren entre sí.

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.

Para reemitir la señal que llega procedente del centro emisor primario de Pozo de Las Nieves, se van a utilizar dos paneles de dipolos de la marca TRedess, que estarán orientados en dirección a los barrios de Risco Blanco y Taidía, a  $135^\circ$  de azimut con respecto al norte, lo que permitirá cubrir toda la población y sus alrededores.



**Ilustración 34: Área de cobertura estimada que cubrirán los paneles de transmisión**

Estos dipolos presentan una ganancia de 13 dBi, con una potencia máxima de 400 W con conector N y 1KW con conector Din 7/16. Permiten la elección entre polarización horizontal y vertical, en este proyecto se ha utilizado la polarización horizontal por ser la más conveniente, con el fin de facilitar la adaptación de las instalaciones de los usuarios. Las antenas de la zona que recibían señal de Pozo de Las Nieves están colocadas para



recibir esta polarización y por tanto solo sería necesario reorientarlas hacia el nuevo reemisor.

Dichos paneles se encuentran situados en una torreta autoportada de 7,5 m de altura, donde su centro eléctrico se situará a 6 m.

## **7.5 Descripción del sistema receptor**

Para la captación de las señales primarias, se van a utilizar dos antenas yagi TRedess de 50 ohmios de impedancia, que cubren la banda de UHF desde el canal 21 al 43.

La señal captada se llevará hacia dos demultiplexores que se encargan de entregarla a los dos sistemas de transmisión con cuatro y tres múltiplex respectivamente, completando así los siete múltiplex totales de nuestro sistema.

Las antenas, de la marca TRedess, presentan una ganancia de 17dBi, con un haz de apertura horizontal y vertical de 30°, siendo muy directivas para facilitar el rechazo de la señal procedente de los paneles transmisores, aumentando así el aislamiento del sistema.

Las antenas receptoras se encuentran sujetas en una pared de la caseta, la más alejada y escondida respecto a la torre donde se encuentran los paneles de transmisión. De esta forma conseguimos una mayor distancia respecto a los paneles emisores y aumentamos el aislamiento, minimizándose así el riesgo de realimentación. Además, al no haber obstáculos entre las antenas receptoras y el centro emisor de Pozo de Las Nieves no es necesario ubicarlas a demasiada altura.



Ilustración 35: Estación microemisora de 7 canales Gap-Filler

## 7.6 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.

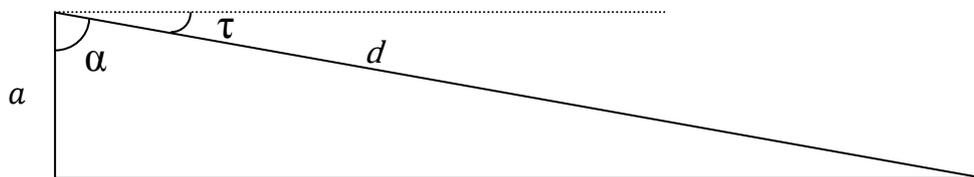
Como se ha comentado, el reemisor proporcionará cobertura a las poblaciones de Risco Blanco y Taidía, los paneles se orientarán hacia donde los diagramas de radiación horizontal y vertical proporcionen la máxima potencia y nos permitan cubrir todas las poblaciones.



### 7.6.1 Cálculo de la elevación de los paneles

Se calcula la elevación de los paneles por triangulación, según los siguientes datos:

- El reemisor se encuentra a 1247 m. de altitud, la población de Risco Blanco tiene una cota de 998 m. ( $h_1$ ) y Taidía se encuentra a 858 m ( $h_2$ ).
- Las distancias desde el reemisor hasta cada una de las poblaciones son de 1563 m ( $d_1$ ) y 3030 m ( $d_2$ ) respectivamente. Considerando la tierra plana para estas distancias.



$$h_{med} = \frac{h_1 + h_2}{2} = 928 \text{ m.}$$

$$a = h_{reemisor} - h_{med} = 319 \text{ m.}$$

$$d = \text{distancia entre reemisor y la cota media} = \frac{d_1 + d_2}{2} = 2296,5 \text{ m.}$$

$$\cos \alpha = \frac{a}{d} \rightarrow \alpha = \cos^{-1} \frac{a}{d} = \cos^{-1} \frac{319}{2296,5} = 82,01^\circ \text{ con respecto a la vertical.}$$

Por lo tanto, los paneles tendrán una inclinación negativa con respecto a la horizontal de:

$$\tau \text{ (Tilt de los paneles transmisores)} = 90^\circ - 82,01^\circ = 7,98^\circ \cong 8^\circ$$



## 7.7 Cálculo de la Potencia Radiada Aparente (PRA) del reemisor

Para el cálculo manual de cobertura, partimos del nivel de campo mínimo que se debe recibir en una vivienda según el Real Decreto 346/2011, como margen de seguridad por desgaste de equipos o desorientación de antenas aumentaremos ese valor en 3 dB. El valor que se toma para el cálculo es de 610 MHz, frecuencia más alta a transmitir, correspondiente al canal 38.

$$E \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) = 3 + 20 \log f (MHz) = 3 + 20 \log 610 = 58,71$$

tomando 3dB por encima  $\rightarrow 61,71(dB\mu V/m)$

Para llegar hasta el valor de la PRA emitida partiendo de la intensidad de campo  $E$ , calcularemos el PIRE de la estación, siguiendo el balance de potencias desde la potencia que llega al receptor de una vivienda. Como se muestra en la siguiente figura, debemos tener en cuenta todas las atenuaciones y ganancias presentes en el camino de la señal desde el reemisor hasta el usuario.

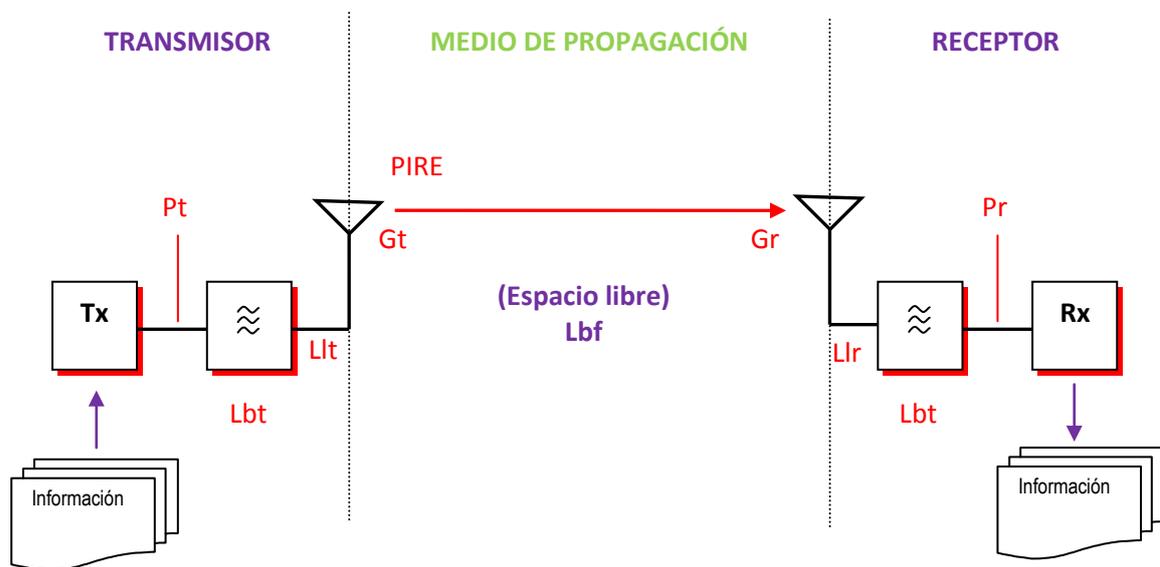


Ilustración 36: Modelo básico de un sistema de radiocomunicación



De esta figura deducimos que la Potencia en el Receptor es la siguiente:

$$Pr = Pt - Lbt - Llt + Gt - Lbf + Gr - Llr - Lbr$$

$$Pr = PIRE - Lbf + Gr - Llr - Lbr$$

*Pr = Potencia en el receptor*

*Pt = Potencia del transmisor*

*Lbt = Pérdidas en elementos de acoplo del transmisor*

*Llt = Pérdidas en las líneas de transmisión (lado Tx)*

*Gt = Ganancia de la antena transmisora respecto a isotrópica*

*Lbf = Pérdidas de propagación en espacio libre*

*Gr = Ganancia de la antena receptora respecto a isotrópica*

*Llr = Pérdidas en las líneas de transmisión (lado Rx)*

*Lbr = Pérdidas en elementos de acoplo del receptor*

Todas las unidades las expresaremos en dBm para las potencias, dB para las atenuaciones y dBi para las ganancias de las antenas.

La atenuación de propagación en espacio libre se calcula con la siguiente expresión, teniendo en cuenta que distancia para el peor caso será de 3 km, distancia entre la ubicación del reemisor y la población de Taidía.:

$$Lbf = 32,45 + 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log d(\text{Km}) = 32,45 + 20 \log 610 + 20 \log 3$$

$$Lbf = 97,7 \text{ dB}$$



La Potencia en el Receptor la obtendremos partiendo del valor de la Intensidad de Campo eléctrico  $E$ , pero debemos calcular para ello la tensión en el receptor, ya que están relacionadas de la forma:

$$Pr(dBm) = Vr(dB\mu V) - 10 \log Zo - 90dB$$

Como en el lado del receptor trabajaremos con antena de  $Zo = 75 \Omega$ , resulta:

$$Pr(dBm) = Vr(dB\mu V) - 108,7$$

La relación entre la intensidad de campo y la tensión en el receptor viene dada por:

$$E(dB\mu V/m) = K \left( dB \frac{1}{m} \right) + Vr(dB\mu V)$$

Donde K es el factor de antena, que calcularemos teniendo en cuenta que la medida de Er la obtenemos con un medidor de campo y los siguientes datos:

- Antena logarítmica de  $Zo = 75 \Omega$
- $Llr = 0,78 dB$ , Consideramos  $0,5 dB$  en conectores y  $0,28$  en  $2 m$  de cable
- $Lbr = 0 dB$ , No consireramos perdidas al tomarla con un analizador
- $Gr = 14,65 dBi$
- 

Por tanto el valor de K sería:

$$K \left( dB \frac{1}{m} \right) = 20 \log f(MHz) - Gr(dBi) + Llr(dB) + Lbr(dB) - 31,54$$



$$K \left( \text{dB} \frac{1}{\text{m}} \right) = 20 \log 610 - 14,65 + 0,78 - 31,54 = \mathbf{10,30 \text{ dB}}$$

Volviendo al valor de E que tomamos como referencia para asegurar un nivel mínimo en el receptor del usuario podemos deducir el resto de valores:

$$Vr(\text{dB}\mu\text{V}) = E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) - K \left( \text{dB} \frac{1}{\text{m}} \right) = 61,71 - 10,30 = \mathbf{51,41 \text{ dB}\mu\text{V}}$$

$$Pr(\text{dBm}) = Vr(\text{dB}\mu\text{V}) - 108,7 = 51,41 - 108,7 = \mathbf{-57,29 \text{ dBm}}$$

$$PIRE = Pr + Lbf - Gr + Llr + Lbr = -57,29 + 97,7 - 14,65 + 0,78 = \mathbf{26,54 \text{ dBm}}$$

Finalmente despejamos la Potencia del Transmisor desde la expresión del PIRE:

$$Pt(\text{dBm}) = PIRE + Lbt + Llt - Gt$$

Según las características de nuestra instalación tenemos los siguientes datos en el transmisor:

- $Llt = 4,39 \text{ dB}$ , Suma de pérdidas en conectores y cable según la frecuencia
- $Lbt = 1 \text{ dB}$ , Pérdidas dadas por las características del transmisor
- $Gt = 13 \text{ dBi}$ , Ganancia del panel transmisor respecto a isotrópica

Las pérdidas en las líneas de transmisión se deducen considerando unas atenuaciones de 0,5 dB por cada conector, en la instalación se emplean cuatro desde la antena hasta la salida del transmisor, por lo que suman 2dB.

Además tenemos en cuenta las pérdidas debidas al cable coaxial, que son de 8 dB cada 100m para el cable de 24,5 m de 1/2" empleado en el exterior y de 21,3dB cada 100 m para



el latiguillo de 2 m del cable de interior RG213/U. Por tanto para 610 MHz y tenemos una atenuación de 2,39dB.

Con lo que obtenemos el valor de Potencia del Transmisor:

$$Pt = PIRE + Lbt + Llt - Gt = 26,54 + 1 + 4,39 - 13 = 18,93 \text{ dBm} = 78,16 \text{ mW}$$

$$PRA = PIRE - 2,15 = 26,54 - 2,15 = 24,39 \text{ dBm} = 274,78 \text{ mW}$$

Realizando el mismo procedimiento para todas las frecuencias de los múltiplex, en la siguiente tabla se presentan los valores de PRA, PIRE y Pt:

Canal Múltiplex	Frecuencia (MHz)	Intensidad de campo eléctrico (dBμV/m) $3+20\log f+3$	K (dB/m)	Intensidad de campo eléctrico (dBμV)	Pr (dBm)	PIRE (dBm)	Pt (dBm)	PRA (dBm)
22 MAUT	482	59,66	8,25	51,41	-57,29	24,49	16,78	22,34
28 RGE1	530	60,49	9,08	51,41	-57,29	25,32	17,61	23,17
31 MPE4	554	60,87	9,46	51,41	-57,29	25,70	17,99	23,55
32 MPE2	562	60,99	9,58	51,41	-57,29	25,83	18,17	23,68
35 MPE1	586	61,36	9,95	51,41	-57,29	26,19	18,53	24,04
36 RGE2	594	61,48	10,07	51,41	-57,29	26,31	18,65	24,16
38 MPE3	610	61,71	10,30	51,41	-57,29	26,54	18,93	24,39

Tabla 11: Cálculo de potencia de salida del transmisor partiendo del valor mínimo intensidad de campo eléctrico en la vivienda del usuario



El equipo transmisor que se ha elegido para nuestra instalación suministra de serie una potencia máxima de 30 dBm, por lo que se requiere reducir la potencia de los diferentes canales conforme a la tabla.

Pero si seguimos las indicaciones del Real Decreto 346/2011, que establece un nivel máximo de PRA=1W (30 dBm), podemos llevar al transmisor hasta ese valor, sin aumentar la ganancia en exceso y mejorando los niveles de recepción a las poblaciones que damos cobertura.

En la siguiente tabla se han realizado los cálculos partiendo ahora del valor de Potencia del Transmisor (Pt) máximo, para obtener una PRA de 30dBm, teniendo en cuenta la ganancia de los paneles transmisores de 13dBi.

Canal Múltiplex	Frecuencia (MHz)	Pt (dBm)	PIRE (dBm)	PRA (dBm)	Pr (dBm)	Intensidad de campo eléctrico (dBμV)	K (dB/m)	Intensidad de campo eléctrico (dBμV/m)
22 MAUT	482	24,40	32,11	29,96	-49,67	59,03	8,25	67,28
28 RGE1	530	24,40	32,11	29,96	-50,50	58,20	9,08	67,28
31 MPE4	554	24,40	32,11	29,96	-50,88	57,82	9,46	67,28
32 MPE2	562	24,40	32,06	29,91	-51,06	57,64	9,58	67,23
35 MPE1	586	24,40	32,06	29,91	-51,42	57,28	9,95	67,23
36 RGE2	594	24,40	32,06	29,91	-51,54	57,16	10,07	67,23
38 MPE3	610	24,40	32,01	29,86	-51,82	56,88	10,30	67,18

Tabla 12: Cálculo de la intensidad de campo eléctrico trasmitiendo la máxima potencia en el reemisor



Podemos comprobar con estos resultados que se cumple además con los niveles de señal en toma de usuario marcados por el Real Decreto 346/2011, que están entre 45 a 70 dB $\mu$ V.

## 7.8 Aislamiento

Como ya pudimos comprobar en el punto 7.3 de este capítulo, el nivel de señal de recepción se encuentra dentro del margen dinámico en el que trabajará el Gap-Filler, por lo que es un emplazamiento adecuado para la instalación de nuestro sistema. Con los niveles de señal recibidos y la potencia de salida del transmisor, debemos establecer el aislamiento del sistema para confirmar que está dentro de los límites y verificar que no se realimente.

Para ello determinamos la potencia de la señal de entrada, teniendo en cuenta que el sistema radiante de recepción trabaja a una impedancia de  $Z_o = 50 \Omega$  :

$$P_{in}(dBm) = E_r(dB\mu V/m) - K - 107$$

$$K \left( dB \frac{1}{m} \right) = 20 \log f(MHz) - G_r(dBi) + L_{lr}(dB) + L_{br}(dB) - 29,78$$

Tomaremos el valor de la frecuencia más alta en la que trabajará nuestro equipo que corresponde al canal 38 (610 MHz), y del que se midió un nivel de intensidad de campo de 74,49 dB $\mu$ V/m.

El resto de valores serán:

- $L_{lr} = 3,56 \text{ dB}$ , 1 dB en conectores y 2,56 dB en 12 m de cable RG213/U
- $L_{br} = 5 \text{ dB}$ , Pérdidas introducidas por el distribuidor de señal
- $G_r = 17 \text{ dBi}$



Resultando lo siguiente:

$$K \left( dB \frac{1}{m} \right) = 20 \log 610 - 17 + 3,56 + 5 - 29,78 = 17,49$$

$$Pin(dBm) = 74,49 - 17,49 - 107 = -50 \text{ dBm}$$

En la tabla de datos 12 se determinó la potencia de salida del transmisor para los múltiplex que se emitirán es de 24,40 dBm. Con este dato ya podemos definir la ganancia del sistema que viene dada por la expresión:

$$\mathbf{Ganancia(dB) = Pt(dBm) - Pin(dBm) = 24,40 + 50 = 74,40 \text{ dB}}$$

La condición que debe cumplirse es:

$$Ganancia(dB) < \beta - 10$$

Luego el aislamiento mínimo deberá ser:

$$\beta > Ganancia(dB) + 10 = 74,40 + 10 = 86,40 \text{ dB}$$

Si empleamos la fórmula de Friis para el cálculo de la atenuación por propagación en espacio libre entre el panel transmisor y la antena receptora de nuestro sistema, vemos que existe una pérdida de la señal de:

$$Lbf = 32,45 + 20 \log f(MHz) + 20 \log d(Km) = 32,45 + 20 \log 610 + 20 \log 0,02$$

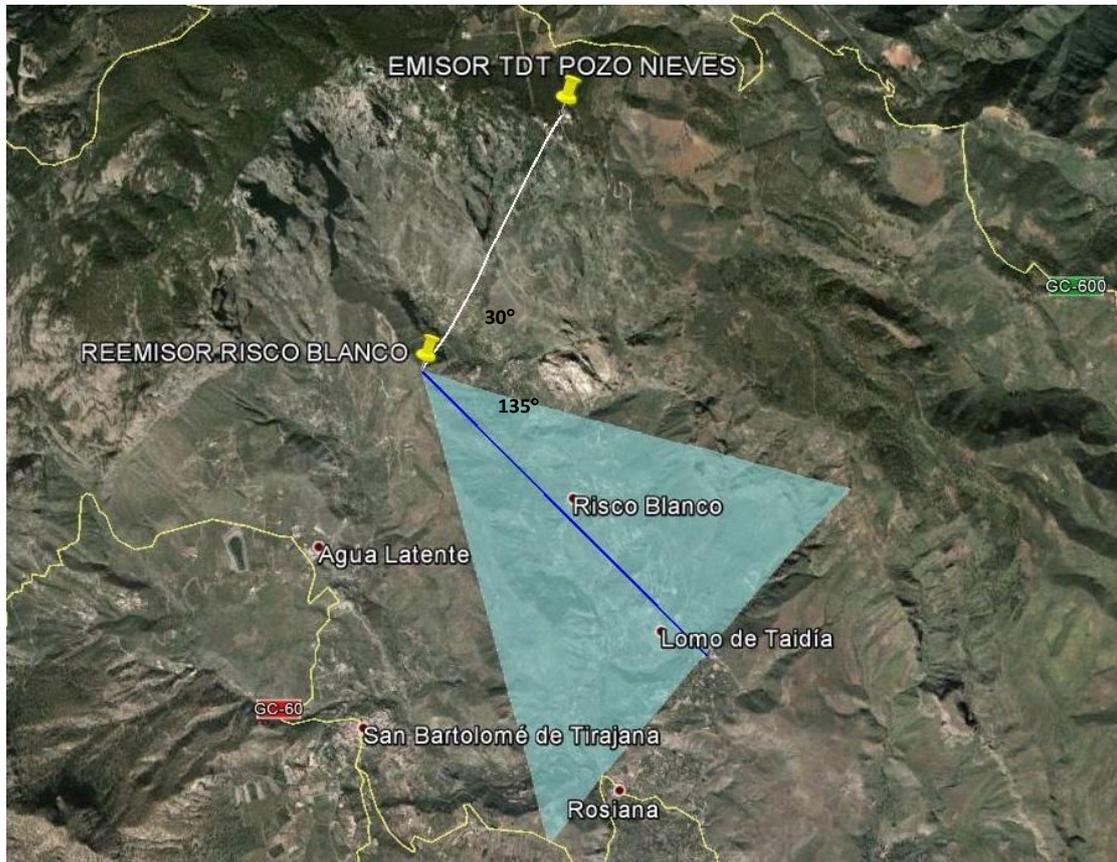
$$Lbf = 54,17 \text{ dB}$$

A este valor hay que sumar los factores de las antenas, ya que la antena receptora estará instalada en la espalda del panel transmisor a unos 20 m de distancia, lo que suponen unas atenuaciones, según las características de radiación de las mismas, de:

- Relación *Front to Back* del panel > 18dB



- La señal incidirá en los 105° del diagrama de radiación de la antena receptora, puesto que la orientación hacia Pozo de Las Nieves será de 30° de azimut respecto al norte, y la de los paneles transmisores de 135°, tendrá un efecto negativo de unos 2 dB debido a la ganancia de la antena receptora en ese punto.



**Ilustración 37: Orientaciones y ángulo resultante entre antenas receptoras y paneles**

Sumando estos valores, el aislamiento de nuestro sistema será:

$$\beta = 54,17 + 16 = 70,17dB$$

Como podemos observar el aislamiento está aún por debajo del mínimo exigido, por lo que necesitamos una atenuación adicional a las ya expuestas. Como consecuencia se hace necesario el uso del cancelador de eco en nuestro sistema, lo que nos proporciona unos 20 dB más de atenuación sobre la señal.



Por lo tanto el aislamiento total de nuestro sistema sería:

$$\beta = 70,17 + 20 = 90,17dB$$

## **7.9 Servidumbres aeronáuticas**

La torre al no ser superior a 30 m y encontrarse situada fuera de la zona de servidumbre aeronáutica no requiere de ningún tipo de autorización por parte de la Administración Aeronáutica.

### **7.9.1 Protección del dominio público radioeléctrico**

#### *7.9.1.1 Cálculo de los niveles de exposición en el entorno. Medidas de niveles*

La estación de este proyecto se identifica como ER4 según las clasifica las “Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y de televisión)” de SETSI.

Por lo tanto, en este caso no es necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de la estación, siendo suficiente la justificación de que el volumen de referencia no incide en zonas con presencia habitual de personas y que además, el nivel de exposición máximo que podría aportar la estación en la zona de presencia habitual de personas más próximas es inferior al nivel de decisión.

#### *7.9.1.2 Estudio de los niveles de exposición en el entorno*

Como se indicó en el punto anterior, al tratarse de una estación de tipo ER4 no es necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de dicha estación.



### 7.9.1.3 Cálculo del volumen de referencia

#### 7.9.1.3.1 Distancia mínima de protección.

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

$$D_{max} = \sqrt{\frac{M * PIRE}{4\pi S_{max}}}$$

- 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))
- $PIRE(W) = 1,64 * PRA = 1,64 * 1,63 = 2,67 W$
- $S_{max} \left(\frac{W}{m^2}\right) = \frac{f(MHz)}{200} = \frac{482}{200} = 2,41 \frac{W}{m^2}$  Se toma el peor caso, que es a la frecuencia más baja.

Todo ello nos proporciona un resultado de 0,475 m.

#### 7.9.1.3.2 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  $d > 3 \lambda$  ; <<campo lejano>>.
- Si  $d < 3 \lambda$  ; <<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.”



Para calcular la distancia de campo lejano tomamos el peor caso, que es el canal 22 (482 MHz), con lo que  $d = 1,8672\text{m}$ .

#### 7.9.1.3.3 Volumen de referencia

Una vez calculados la distancia mínima de protección radioeléctrica y la distancia de campo lejano, se calcula el volumen de referencia partiendo de una esfera centrada en el centro eléctrico de la antena y de radio el mayor de los valores calculados anteriormente, en este caso, a la distancia de campo lejano, es decir, 1,8672m. Esta distancia es inferior a 244 metros, distancia a la que se encuentra la zona de presencia habitual de personas más cercana a la estación.

La distancia a la que se encuentra la zona de presencia habitual de personas más cercanas a la estación es mayor que las distancias anteriormente calculadas, esto hace que no sea necesario el vallado y señalización del emplazamiento, la caseta y torreta se encuentran en una zona de difícil acceso, solo accediéndose de forma peatonal.

### 7.10 Servidumbres aeronáuticas del sistema de antenas

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, de 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 para la instalación de estaciones de radiocomunicación no será aprobado mientras no se presenten los citados permisos y autorizaciones referentes a las servidumbres aeronáuticas obtenidos por los interesados, bien a través del Ayuntamiento a cuya jurisdicción pertenezcan los terrenos sujetos a servidumbres aeronáuticas, en los casos de personas naturales o jurídicas, o bien directamente ante la Administración Aeronáutica, cuando se trate de entidades públicas.

A título informativo, según las normas de la Administración Aeronáutica, para la instalación de torres de antena, precisan autorización:

- a) Todas las torres de antena, cualquiera que sea su altura, situadas dentro de las zonas de servidumbres aeronáuticas comprendidas en un radio de 15 Km. alrededor de los aeropuertos, ó 3 Km. alrededor de otras instalaciones aeronáuticas.
- b) Todas las torres de antena con altura 50 m. o superior, situadas fuera de las zonas de servidumbres aeronáuticas, excepto las que se encuentren apantalladas por otros objetos próximos, independientemente de su altura, es decir, no perforen la superficie ideal de un cono, cuyo vértice coincida con el punto culminante de alguna otra instalación fija situada a no más de 150 m de dicha torre de antena, y cuya generatriz sea una línea descendente con pendiente del 10%.

Mientras que, sólo requieren comunicación a la Administración Aeronáutica, pero no precisan autorización:

- a) Las torres de antena con altura comprendida entre los 30 m. y 50 m, y se encuentren situadas fuera de la zona de servidumbres aeronáuticas.



- b) Las torres de antena situadas fuera de la zona de servidumbres aeronáuticas que, aun teniendo altura superior a 50 m, se encuentren apantalladas.

No necesitan autorización ni comunicación a la Administración Aeronáutica:

- a) En general, las torres de antena con altura no superior a 30 m, tanto si son auto soportadas como fijas.
- b) Las modificaciones de instalaciones en las que se conserve la altura máxima de la torre previamente existente, así como su emplazamiento.

Los mástiles de los sistemas radiantes deberán dotarse de la señalización diurna y del balizamiento nocturno en conformidad con los siguientes criterios:

- a) Se habrán de señalar y balizar todas las torres de antenas situadas dentro de la zona afectada por las servidumbres aeronáuticas que la Administración Aeronáutica estime necesario.
- b) Se habrán de señalar y balizar todas las torres de antenas situadas en descampados, fuera de la zona de servidumbres aeronáuticas, cuya altura sea igual o superior a 50 m.
- c) Se habrán de señalar y balizar todas las torres de antenas situadas en casco urbano, fuera de la zona de servidumbres aeronáuticas, que constituya el obstáculo dominante en un área circular con 150 m. de radio alrededor de la misma.

La señalización diurna consiste en pintar los mástiles soporte de los sistemas radiantes en franjas iguales de colores rojo y blanco alternos, con una anchura de un séptimo de la altura total del mástil, y distribuidos de forma que la primera y la última sean de color rojo.

El balizamiento nocturno consiste en instalar dos luces de obstáculo en la parte más alta del mástil y además, si la altura de la torre es igual o mayor a 45 m, tres o cuatro luces en



las aristas a la mitad de su altura, que emitirán una luz fija omnidireccional de color rojo, con una intensidad luminosa superior a 10 candelas.

## **7.11 Protección de seguridad de la estación**

### **7.11.1 Descripción de los sistemas de protección frente a rayos**

Para determinar si nuestra estación debe disponer de este sistema de protección, debemos calcular el nivel de riesgo de sufrir daños causados por rayos y seleccionar las medidas de protección necesarias para reducir el riesgo de daños a un nivel tolerable o incluso a un nivel inferior.

La actividad eléctrica atmosférica, y en particular los rayos nube-tierra, representan una seria amenaza para las personas, estructuras y servicios.

Los rayos causan anualmente:

- Danos en estructuras y en su contenido
- Fallos en los sistemas eléctricos y electrónicos asociados.
- Danos a los seres vivos situados en las estructuras o próximos a ellas.

Para reducir las pérdidas causadas por los rayos deben aplicarse medidas de protección. Las características de las medidas de protección a adoptar se determinaran en base a la evaluación del riesgo.

El riesgo, definido en las normas IEC62305-2, UNE 21186, NFC17102 y CTE (Código Técnico de la Edificación SUA 8) como la pérdida anual media probable en una estructura, depende de:

- El número anual de descargas atmosféricas que afectan a una estructura o a un servicio.
- La probabilidad de danos debidos a una descarga atmosféricas.
- El coste medio de las pérdidas correspondientes.



Las medidas de protección que pueden aplicarse son:

#### **7.11.1.1 Protección externa contra el rayo**

Engloba los diferentes sistemas utilizados para dar cobertura a la estructura de la edificación, a los elementos situados en el exterior del edificio y a las personas contra los impactos directos de rayos.

Hay dos tipos de protección externa:

- Protección externa mediante puntas activas:

Sistemas de captación que de una manera u otra, emiten un flujo de iones dirigidos hacia la nube, garantizando que durante la ionización del área a proteger, instantes antes de la caída del rayo, se forme un líder ascendente que conducirá el rayo de forma segura hacia tierra. Son los denominados ESE o Pararrayos con dispositivo de cebado PDC.

- Protección externa pasiva (Jaula de Faraday):

Sistemas formados por una serie de conductores (que conforman una malla) conectados a un sistema de puesta a tierra. Este sistema se denomina pasivo, no intenta provocar el arco disruptivo (rayo), no aumentando la probabilidad de descarga en el edificio a proteger. En ocasiones las mallas conductoras también están provistas de puntas captadoras simples (puntas Franklin).

Debe tenerse en cuenta que los sistemas activos y pasivos pueden ser complementarios, combinándose para minimizar las probabilidades de danos en estructuras con alto riesgo.



### **7.11.1.2 Protección interna**

Son los sistemas de protección contra sobretensiones transitorias, adecuados para salvaguardar las instalaciones de energía eléctrica, instalaciones de telefonía, comunicaciones o datos. Estas sobretensiones se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas (impactos de rayo directos o indirectos), conmutaciones de las redes eléctricas y/o defectos de las mismas.

El nivel de sobretensión que puede aparecer en la red eléctrica está en función:

- Del nivel isoceraunico estimado (rayos / ano\*Km<sup>2</sup>).
- Del tipo de acometida aérea o subterránea.
- De la proximidad del transformador MT/BT, etc.

La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio es función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos.
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias, su instalación y su ubicación.
- La existencia de una adecuada red de tierras para la disipación de estas corrientes.

### **7.11.1.3 Protección preventiva**

La protección preventiva detecta con antelación el riesgo de caída de rayos, y avisa, o actúa, sobre los elementos o personas a proteger en función de cual sea nuestro plan de protección en caso de tormenta. Esta protección es complementaria a la externa e interna, por lo que en ningún caso podemos obviar dichas protecciones si llevamos a cabo la mencionada protección preventiva.



Nota: En el apartado B.1 del Anexo B de la IEC 62305-2 indica que la utilización de sistemas de aviso de tormentas minimiza de forma sustancial la probabilidad (PA) de que una descarga produzca danos sobre los seres vivos.

#### **7.11.1.4 Normativa de referencia**

Normas españolas:

- UNE 21.186:2011: Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado.
- CTE SUA- 08:2010: Código Técnico de la Edificación (Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo).

Normas internacionales:

- IEC 62305: Protection against lightning - Part 1: General principles.
- IEC 62305: Protection against lightning - Part 2: Risk management.
- IEC 62305: Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard.
- IEC 62305: Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures.
- NF C-17.102:2011: Protection des structures et de zones ouvertes contre la foudre, paratonnerres a dispositif d'amorçage.
- IEC 1024-1: Protection of structures against lightning. Part I: General Principles.
- IEC 1024-1-1: Protection of structures against lightning. Guide A: Selection of protection levels of lightning protection systems.
- IEC 1312-1: Protection against lightning electromagnetic impulse.
- IEC 1662: Assessment of the risk of damage due to lightning.
- VDE 0185: Lightning protection system. General information on the installation.
- UNE EN 50164 (IEC 62561:2011): Componentes de proteccion contra el rayo (CPCR). Partes 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).



- NFPA 780: Standard for the installation of Lightning Protection Systems (2004 Edition).
- UNE EN 50536:2011: Protection against lightning -Thunderstorm warning systems.

### 7.11.1.5 Evaluación del índice de riesgo y cálculo del nivel de eficiencia

Dimensiones de la estructura:

- Longitud de la estructura L (m): 20.0
- Anchura de la estructura W (m): 5.0
- Altura del plano del tejado h (m): 7.0

Cálculo del Índice de Riesgo:

- Definición del Ng: 1

Ng = Densidad de impactos sobre el terreno (nº impactos / año, km<sup>2</sup>) obtenida según la siguiente figura:

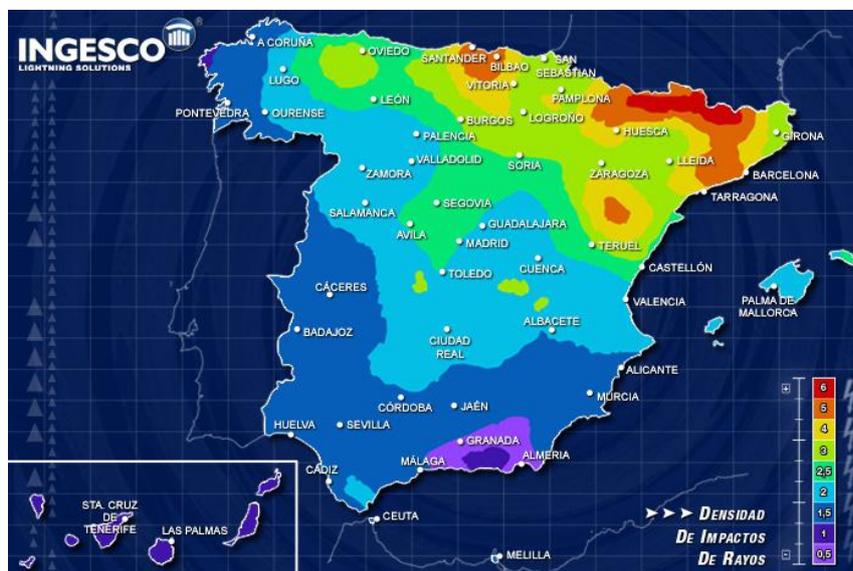


Ilustración 38: Índice de impactos de rayos en España

- C1. Situación de la estructura respecto otras estructuras:

Edificio aislado sobre una colina o promontorio. C1 = 1



- C2. Coeficiente en función del tipo de construcción:  
  
Estructura y cubierta de hormigón.  $C2 = 1$
- C3. Coeficiente en función del contenido del edificio:  
  
Otros contenidos.  $C3 = 1$
- C4. Coeficiente en función del uso del edificio:  
  
Edificio no ocupado normalmente.  $C4 = 1$
- C5. Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio:  
  
Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave.  
 $C5 = 2.5$
- En el edificio no se manipulan sustancias tóxicas, radiactivas, altamente inflamables o explosivas.
- Existen antenas en la cubierta del edificio.

**Fórmulas para el cálculo:**

- Riesgo admisible de impactos:  $Na = 5,5 * \frac{1*10^{-3}}{C2*C3*C4*C5}$
- Frecuencia esperada de impactos:  $Ne = Ng * Ae * C1 * 1 * 10^{-6[n^o\text{impactos/año}]}$
- Eficiencia del sistema de protección:  $E = 1 - \frac{Na}{Ne}$

**Resultados obtenidos:**

- $Ae = 2300.44$
- $Rp \text{ min} = 15.21$
- $Na = 0.0022$



- $N_e = 0.0046$
- $E = 0.522$
- Nivel de Protección IV

$A_e$ : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en  $m^2$ , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia  $3H$  de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo  $H$  la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

$R_p$  min: Distancia mínima, en metros, del radio de protección del pararrayos.

$N_a$ : Riesgo admisible de impactos

$N_e$ : Frecuencia esperada de impactos

$E$ : Eficiencia del sistema de protección. Probabilidad de que un sistema de protección contra el rayo intercepte las descargas sin riesgo para las estructuras e instalaciones

<b>Eficiencia requerida</b>	<b>Nivel de protección</b>
$E \geq 0,98$	1
$0,95 \leq E < 0,98$	2
$0,80 \leq E < 0,95$	3
$0 < E < 0,80$ <sup>(1)</sup>	4

<sup>(1)</sup> Dentro de estos límites de *eficiencia* requerida, la instalación de protección contra el rayo no es obligatoria.

Ilustración 39: Nivel de protección, término de clasificación de los sistemas de protección contra el rayo en función de su eficacia

Según los cálculos y la ubicación elegida, se determina que es necesaria la instalación de un pararrayos, siendo el valor de la Eficiencia Requerida de 0.52, por lo tanto el nivel de protección requerido es Nivel de Protección IV, se recomienda en este caso la instalación de un pararrayos de, al menos, 15.21m de radio.



Por lo tanto para protección frente a rayos se instalará un sistema externo de protección formado por pararrayos tipo PDC con dispositivo de cebado no electrónico fabricado en acero inoxidable AISI 316L y poliamida PA66 (Ref: PDC 3.1) de Ingesco [17], que cumple con el DB SUA8 del CTE y normalizado según norma UNE 21186.

Estará colocado sobre un mástil de acero galvanizado de 3 m de altura y su toma de tierra presentará una resistencia inferior a 10 ohmios.

### **7.11.2 Descripción de los sistemas de protección frente a descargas eléctricas**

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, transformador separador de tensión de entrada y salida, interruptores diferenciales, interruptores magnetotérmicos, relés detectores de tensión o pararrayos.

### **7.11.3 Descripción de los sistemas de detección y protección contra incendios**

En previsión a un posible incendio, se ha dotado a la instalación de un extintor de polvo ABC con eficacia 21A-113B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 6 Kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, certificado por AENOR.



#### **7.11.4 Líneas de vida**

##### ***7.11.4.1 Riesgos del trabajo en altura***

El riesgo que más destaca son las caídas de personas a distinto nivel, que vendrán producidas por los trabajos en altura en la instalación de los elementos del sistema radiante de la parte de transmisión en la torre.

Para la ejecución del proyecto se han adoptado las siguientes medidas para el trabajo en altura:

Existencia de línea de vida vertical compuesta por un cable de acero fijado a la parte alta de la estructura de la torre y con un contrapeso en la parte baja con el fin de mantener la línea de vida tensada en todo momento. Con ello se facilita el ascenso y descenso del operario que llevará un sistema anticaídas fijado al cable al realizar cualquier desplazamiento vertical u horizontal.

##### ***7.11.4.2 Riesgos eléctricos***

Estos riesgos son los referidos a personas que podrían tener la posibilidad de circulación de una corriente por el cuerpo humano. Para esto, es necesario que concurren simultáneamente la existencia de un circuito eléctrico cerrado, que el cuerpo humano pertenezca a éste y que en el circuito eléctrico exista 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 indirectos son aquellos en los que las personas entran 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.

#### 7.11.4.2.1 Sistemas de protección contra contactos eléctricos directos

Las medidas de seguridad que se han tomado para la realización del proyecto contra los contactos eléctricos directos son:

Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia a la 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 además, limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 miliamperio.

#### 7.11.4.2.2 Sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos

Las medidas de seguridad son:

- Separación de circuitos, mediante un transformador.
- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad, mediante un transformador de seguridad, 50V en emplazamientos secos y de 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.
- Conexiones equipotenciales.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.



Diferenciales. 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. La aparición de un primer defecto de aislamiento provoca una corriente de defecto pequeña que no es capaz de generar tensiones de defectos peligrosas. Si el primer defecto no ha sido subsanado y parece 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. Tiene la ventaja de que no detiene el proceso al primer defecto.

Puesto a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. 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.

Todas las torretas y soportes de antenas cumplen la legislación vigente en lo referente a seguridad mecánica y eléctrica. Una vez finalizada la instalación se remitirá el certificado de cumplimiento firmado por el técnico competente y visado por El Colegio Profesional correspondiente.

## **7.12 Otras restricciones**

Para asegurar la continuidad del servicio ante situaciones de emergencia, podrá dotarse al centro emisor de un equipo transmisor de reserva con la mitad de la potencia nominal que el equipo principal, conmutadores, grupos electrógenos, etc. que, en este caso,



se incluirán en el proyecto y quedarán sometidas a la aprobación por el órgano competente de la Administración General del Estado.

Adicionalmente, puede preverse en el lugar donde se encuentren los estudios, un equipo transmisor de reserva con potencia nominal diez veces inferior al equipo principal en la misma frecuencia que el centro emisor, así como, un sistema de antenas de reserva, cuya utilización requerirá la autorización previa de la Administración General del Estado.

Sin embargo, no está permitida la instalación de sistemas de antenas de reserva en el emplazamiento del centro emisor.

### **7.13 Compatibilidad radioeléctrica**

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 UIT-R BT.655 y BT.1368-6 , 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.

### **7.14 Impacto ambiental**

Para nuestro caso el emplazamiento de la estación era existente, puesto que hasta ahora se transmitía desde esta misma ubicación las señales de TV analógica hasta el apagón de dichas emisiones con la entrada en funcionamiento de la TDT, por ello el impacto medioambiental no se verá incrementado en ningún momento ya que se sustituirán los antiguos elementos por nuevos equipos y antenas del mismo tipo, no influyendo negativamente en el medioambiente.



### **7.15 Caseta existente**

En la caseta se alojarán todos los equipos que se necesitan para la realización de un proyecto de estas características.

Las dimensiones de las que consta la caseta son de una altura de 3,15 metros, un ancho de 2,54 metros y un largo de 1,95 metros.

La caseta es de construcción, con unas paredes de 100 mm de espesor y un techo a dos aguas recubierto de tejas. Los planos de la caseta y de la ubicación de los equipos en ésta se pueden ver en los planos anexos.

La caseta dispone de una puerta de doble hoja con rejillas de ventilación en la parte superior y además tiene una rejilla de ventilación en el interior a un nivel superior al equipo transmisor, a unos 5 cm del techo, con un ventilador en el interior que expulsara el aire al exterior.

### **7.16 Instalación eléctrica**

La instalación eléctrica que se ha realizado en este proyecto sigue los siguientes pasos, la energía nos viene por la acometida suministrada por la compañía, llegando ésta a la caja de acometida o caja general de protección, que está colocada en la parte exterior de la caseta.

Seguidamente se llevará la energía por una línea repartidora hasta el cuadro general o cuadro de distribución y de éste, a los distintos receptores que tenemos que alimentar.

Explicaremos las partes que compone el cuadro general:

1. **Interruptor de control de potencia (ICP):** se encarga de controlar que no gastemos más potencia de la que hemos adquirido con la empresa, si esto sucediera el ICP saltaría.



2. **Transformador separador (TF):** la función principal de este transformador es separar el suministro eléctrico de la acometida exterior del suministrado a la caseta, estabilizando las fluctuaciones externas.
3. **Protector de sobretensiones (PST):** se encarga de proteger la instalación eléctrica de la caseta contra las posibles sobretensiones que se puedan producir en el suministro eléctrico por picos esporádicos en el mismo.
4. **Interruptor general automático (IGA):** la función principal de este interruptor es la de proteger la derivación individual contra las sobrecargas y cortocircuitos, por lo que su capacidad de corte será suficiente para que sea capaz de actuar ante una intensidad de cortocircuito.
5. **Interruptor diferencial (I.DIF):** se encarga de proteger a las personas contra contactos indirectos y detectar las fugas de la instalación, cortando el suministro cuando esto suceda.
6. **Pequeños interruptores automáticos (PIA):** su misión es la de proteger contra la sobrecarga y cortocircuitos a los conductores que forman los distintos circuitos y a su vez a los receptores a ellos conectados. Permiten desconectar los aparatos que queramos sin cortar del todo el suministro de electricidad.

Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015

Fdo. Víctor Quintana Suárez

Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en Sonido e Imagen

# Planos

---

**Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**



## **8 Índice de planos**

**8.1 Situación y emplazamiento**

**8.2 Planta caseta reemisor**

**8.3 Alzado caseta reemisor**

**8.4 Distribución red de tierras**

**8.5 Distribución interna de equipamiento**

**8.6 Esquema unifilar de B.T.**

**8.7 Diagrama de conexionado del equipamiento**

**8.8 Área de cobertura del reemisor**

**8.9 Orientaciones de antenas del reemisor**

**8.10 Radiales de cobertura del reemisor**

**8.11 Perfil geográfico de enlace entre Risco Blanco y Pozo de las Nieves**

**8.12 Perfil geográfico de enlace entre reemisor y poblaciones de Risco Blanco y Taidía**

**8.13 Planta de volumen de referencia**

**8.14 Alzado de volumen de referencia**



# Anexos

---

**Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





## 9.1 Anexo I: Características de la Estación Reemisora

Datos del titular			
Número de Expediente de Titular	123123123	NIF-CIF	B1234567T
Nombre o razón social	Excmo. Ayto. de San Bartolome de Tirajana		

Tabla 13: Datos del titular de la Estación Reemisora

Datos del técnico competente			
NIF		Nombre	Víctor
Apellido 1	Quintana	Apellido 2	Suárez
Identificador de proyecto de la administración	12345		

Tabla 14: Datos del técnico competente de la Estación Reemisora

Datos de la estación						
Número de expediente	ABCDE12345	Nombre de la estación			REEMISOR_RISCO	
Tipo de estación	ER4	Tipo de servicio			TD	
Ámbito	Local	Identificador de red			TDMAUT, TDRGE1, TDMPE4, TDMPE2, TDMPE1, TDRGE2, TDMPE3	
Frecuencia	470-862	Unidad	MHz	Bloque	Canal	21-69
Municipio	San Bartolomé de Tirajana	Provincia			Las Palmas	
Código serie del emplazamiento	ABCDE12345					

Tabla 15: Datos de la Estación Reemisora



### 9.1.1 Solicitud y tipo de solicitud

Tipo de solicitud	Ampliación de cobertura TDT
-------------------	-----------------------------

Tabla 16: Tipo de solicitud

### 9.1.2 Datos del técnico competente y datos del visado voluntario

Declaración_No_Inhabilitación	false
-------------------------------	-------

Tabla 17: Declaración de no inhabilitación

NIF/NIE	
Nombre	Víctor
Apellido 1	Quintana
Apellido 2	Suárez

Tabla 18: Datos del técnico competente

### 9.1.3 Datos de los titulares

Número_Expediente_Titular	123123123
NIF-CIF	B1234567T
Nombre o razón social	Excmo. Ayto. de San Bartolome de Tirajana

Tabla 19: Datos de los titulares de la Estación Reemisora

### 9.1.4 Datos de la estación

Nombre de la estación	REEMISOR_RISCO
Tipo de estación	ER4
Tipo de servicio	TD
Ámbito_Red_Estaciones	Local
Id_Red_Estaciones	TDMAUT, TDRGE1, TDMPE4, TDMPE2, TDMPE1, TDRGE2, TDMPE3

Tabla 20: Datos de la Estación Reemisora



## 9.1.5 Datos del emplazamiento

Código serie del emplazamiento	ABCDE12345
Tipo_vía	VP
Descripción_Ubicación	El reemisor se ubica en lo alto de los barrios de Risco Blanco y Taidía, en la Caldera de las Tirajanas, a mitad de camino de la carretera GC-654 entre Risco Blanco y Agua Latente, al final de un camino de tierra secundario a la derecha de la carretera.
Localidad	San Bartolomé de Tirajana
Cod_INE_Término_Municipal	0192
Cod_INE_Provincia	35
Término municipal	Risco Blanco
Latitud	27N5648
Longitud	15W3407
Datum	ED-50
Cota_Terreno_Sobre_Nivel_Mar	1247
Emplazamiento compartido	No

Tabla 21: Datos del emplazamiento de la Estación Reemisora



## 9.1.6 Datos de la frecuencia

Frecuencia_Valor	482
Unidad_Frecuencia	M
Canal	22
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 22: Características del canal radioeléctrico 22

Frecuencia_Valor	530
Unidad_Frecuencia	M
Canal	28
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 23: Características del canal radioeléctrico 28



Frecuencia_Valor	554
Unidad_Frecuencia	M
Canal	31
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 24: Características del canal radioeléctrico 31

Frecuencia_Valor	562
Unidad_Frecuencia	M
Canal	32
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 25: Características del canal radioeléctrico 32



Frecuencia_Valor	586
Unidad_Frecuencia	M
Canal	35
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 26: Características del canal radioeléctrico 35

Frecuencia_Valor	594
Unidad_Frecuencia	M
Canal	36
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 27: Características del canal radioeléctrico 36



Frecuencia_Valor	610
Unidad_Frecuencia	M
Canal	38
Desplazamiento de portadoras	0
Red sincronizada	Sí
Tipo_Modulación	C2
Intervalo_Guarda_Num_Portadoras	H
Modulación_Jerárquica	No
Emisión_Apta DVB-H	No
Denom_Emisión_AnchoBanda	8M00
Denom_Emisión_Tipo_Mod	X
Denom_Emisión_NaturMod	7
Denom_Emisión_TipoInf	F
Denom_Emisión_DetallSe	X
Denom_Emisión_TipoMux	F

Tabla 28: Características del canal radioeléctrico 38

### 9.1.7 Datos del transmisor

Horario normal de funcionamiento del transmisor	00002359
Estabilidad	U
Retardo_Sincro	8,2 $\mu$ s
Potencia_Max_Equipo	W
Pot_Max_Equipo	1
Unidad	W
Potencia de salida autorizada del equipo. Valor	0,275
Perdida_Lineas	5,39
Tipo_Potencia_Radiada	D
Potencia_Radiada_Unidad	W
Potencia_radiada	0,98
Estacion_Procedencia_Senal_Primary	Pozo de Las Nieves
Unidad	470-862
Frecuencia	M
Rx_Canal	22, 28, 31, 32, 35, 36, 38

Tabla 29: Datos del transmisor



### 9.1.7.1 Cálculo de la potencia de salida del equipo transmisor

Para calcular la potencia de salida del equipo transmisor  $P_t$  se tienen en cuenta las siguientes expresiones:

$$Vr(dB\mu V) = E \left( \frac{dB\mu V}{m} \right) - K \left( dB \frac{1}{m} \right)$$

$$Pr(dBm) = Vr(dB\mu V) - 108,7$$

$$PIRE = Pr + Lbf - Gr + Llr + Lbr$$

$$Pt(dBm) = PIRE + Lbt + Llt - Gt$$

Donde:

$Lbt$  = Pérdidas en elementos de acoplo del transmisor

$Llt$  = Pérdidas en las líneas de transmisión (lado Tx)

$Gt$  = Ganancia de la antena transmisora respecto a isotrópica

### 9.1.8 Datos del sistema radiante (Datos de antena)

Se proporcionará una descripción detallada de la composición del sistema radiante (sección de la torre, número de paneles por cara, número de dipolos por panel, uso de reflectores, etc), incluyendo la marca, el modelo y las características de los sistemas de antena que se utilizarán.



## 9.1.8.1 Parámetros

Antena	D
Num_Elementos_Antena	24
Polarización	H
Tipo de ganancia	D
Ganancia_Antena	13
Longitud_Torre	7
Altura_Centro_Electr_Antena	6
Altura efectiva máxima de la antena. Valor	801
Alturas efectivas cada 10 grados	Apartado 8.1.8.2
Diagrama de atenuación	Apéndice 1
Aperturas	Apartado 8.1.8.1.1
Inclinación_Física_Elementos_Antena	-8

Tabla 30: Parámetros de las antenas transmisoras

## 9.1.8.1.1 Aperturas

Definiciones que caracterizan al sistema radiante mediante los siguientes datos:

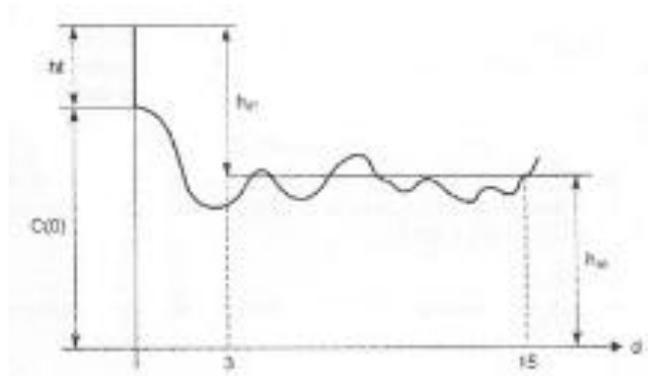
Azimut: Azimut de máxima radiación del lóbulo a considerar.	135°
Apertura_Vertical_Haz: apertura a 3 dB del lóbulo en el plano vertical	26°
Sector_Inicial: Azimut inicial de caída a 3 dB del lóbulo	105°
Sector Final: Azimut inicial de caída a 3 dB del lóbulo	165°
Inclinación_Haz_Respecto_Horizontal: Inclinación total suma de la inclinación radioeléctrica y física del lóbulo respecto de la horizontal.	-8°

Tabla 31: Datos de los lóbulos principales del sistema radiante



### 9.1.8.2 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 entre las distancias de 3 y 15 km a partir de la base de antena y en los acimuts de que se trate, expresadas en metros (m).



$$hef = c + h - hmed$$

Donde hef 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 hm el nivel medio del terreno. Todas se expresan en metros.

Este parámetro se calculará cada 10 grados en los treinta y seis acimuts comprendidos entre el Norte geográfico (que define la referencia 0 grados) y 350 grados, en el sentido de las agujas del reloj. El cálculo se realizará incluso para aquellos acimuts que se encuentren, total o parcialmente, sobre el mar, pudiendo utilizar herramientas informáticas basadas en modelos digitales del terreno editados por el Instituto Geográfico Nacional, por el Servicio Geográfico del Ejército o, en su caso, por el instituto oficial autonómico correspondiente.

En caso de antenas directivas, deberá incluirse entre las parejas (acimut, altura efectiva) la correspondiente al acimut que coincida con la dirección de máxima radiación en sustitución del acimut más próximo en el intervalo de 10 grados.



La altura efectiva máxima de la antena es el valor más elevado de las alturas efectivas de la antena.

Si la altura efectiva máxima de la antena en el emplazamiento propuesto o, en su caso, la longitud del mástil radiante, resulta superior a la especificada en el correspondiente Plan Técnico Nacional, o a la establecida por el órgano competente de la Administración General del Estado, este órgano al examinar el proyecto podrá aceptar el emplazamiento con las características de radiación propuestas, o dictaminar una nueva potencia radiada, o establecer un diagrama de radiación directivo, o denegar el emplazamiento propuesto, en función de la zona de servicio a cubrir y de los niveles de intensidad de campo interferentes.

Si el proyecto técnico no incluye la totalidad de las alturas efectivas cada 10 grados, o si los valores presentados contuvieran errores, el órgano competente de la Administración General del Estado evaluará de oficio la altura efectiva máxima de la antena en el emplazamiento propuesto y aplicará dicho valor a las alturas efectivas cada 10 grados.

En este caso, si la altura efectiva máxima evaluada por la Administración es mayor que la especificada en el proyecto, los niveles de intensidades de campo interferentes sobre otras estaciones serán superiores y, en consecuencia, podrá establecerse una reducción en la potencia radiada.

<b>Radial (°)</b>	<b>hef (m)</b>						
0	153	90	422	180	650	70	-54
10	288	100	511	190	485	80	185
20	321	110	468	200	499	90	191
30	355	120	614	210	423	300	174
40	388	130	653	220	402	310	138
50	514	140	699	230	272	320	75
60	533	150	801	240	339	330	-152
70	467	160	599	250	365	340	-142
80	394	170	473	260	164	350	38

Tabla 32: Alturas efectivas y acimut de antenas transmisoras



Apéndice 1: Diagramas de atenuación

Diagrama de Atenuación Horizontal

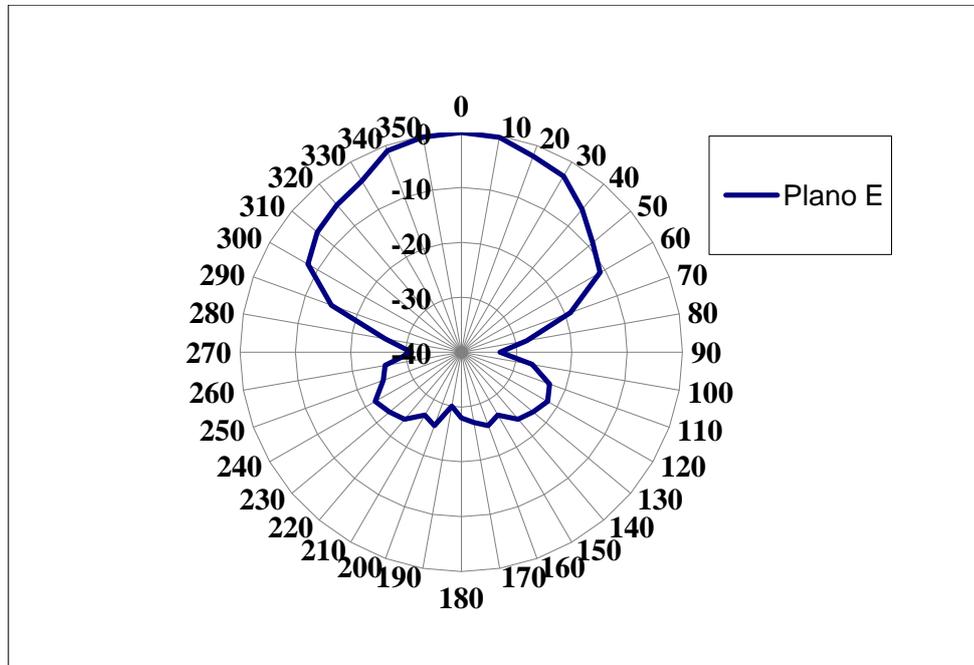


Ilustración 40: Representación del diagrama de atenuación horizontal de panel (Plano E)

Acimut (°)	Atenuación (dB)	Acimut (°)	Atenuación
0	0	180	-28
10	-0,3	190	-30
20	-2	200	-25,75
30	-3	210	-26,75
40	-6	220	-24
50	-9	230	-23
60	-11	240	-22
70	-19	250	-25
80	-28	260	-26
90	-33	270	-31
100	-27	280	-26
110	-23	290	-15
120	-22	300	-8
130	-23	310	-6
140	-24	320	-5
150	-26,75	330	-4
160	-25,75	340	-1
170	-27	350	-0,2

Tabla 33: Atenuación horizontal y acimut de paneles transmisores



Diagrama de Atenuación Vertical

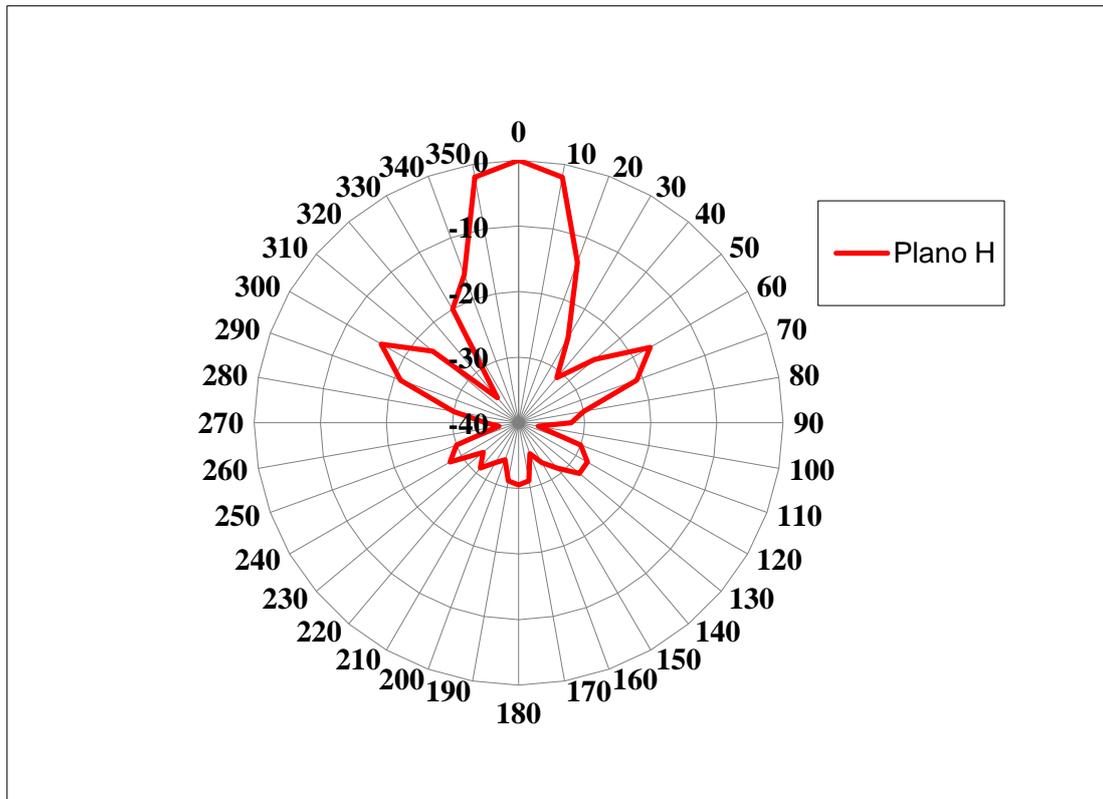


Ilustración 41: Representación del diagrama de atenuación horizontal de panel (Plano H)

Acimut (°)	Atenuación (dB)	Acimut (°)	Atenuación
0	0	180	-30,5
10	-2	190	-31
20	-14	200	-34
30	-25	210	-33
40	-31	220	-31
50	-25	230	-33
60	-17	240	-28
70	-21	250	-30
80	-30	260	-37
90	-32	270	-35
100	-37	280	-30
110	-30	290	-21
120	-28	300	-16
130	-28	310	-23
140	-31	320	-35
150	-33	330	-20
160	-35	340	-16
170	-31	350	-2

Tabla 34: Atenuación vertical y elevación de los paneles transmisores



CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS Y GEOGRÁFICAS PARA ESTACIONES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRENAL

1.- Nombre: Reemisor_Risco	2.- Denominación de la emisión: <b>8M00X7FXF</b>
----------------------------	--

3.- Provincia: Las Palmas	4.- Longitud: 15W3407	5.- Latitud: 27N5648	6.- Cota (m): 1247
------------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

7.- Canal	22, 28, 31, 32, 35, 36, 38	7.1. Múltiplex/Red	TDMAUT, TDRGE1, TDMPE4, TDMPE2, TDMPE1, TDRGE2, TDMPE3
-----------	-------------------------------	--------------------	---

8.- Frecuencia Central (MHz)	482, 530, 554, 562, 586, 594, 610
9.- Desplazamiento (Hz)	0
10.- Tipo de desplazamiento (Hz)	U

11.- Sistema de emisión: TD	12.- Número de portadoras: 6817	13.- Intervalo de guarda ( $\mu$ s): 224
--------------------------------	---------------------------------	---

14.- Retardo relativo ( $\mu$ s): 8,2	15.- Polarización: H
---------------------------------------	----------------------

16.- Ángulo orientación H ( $^{\circ}$ ): 135	17.- Ángulo elevación V ( $^{\circ}$ ): -8	18.- Altura antena (m): 6
--	---	------------------------------

19.- p.r.a. máx. H (kW): 0,00098	20.- p.r.a. máx. V (kW):	21.- Directividad: D
----------------------------------	--------------------------	----------------------



22.-Diagrama de atenuación de la componente horizontal (dB):

0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
180°	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°

23.-Diagrama de atenuación de la componente vertical (dB):

0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
180°	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°

24.- Altura efectiva máxima (m): 801

25.-Alturas efectivas radiales (m):

0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
153	288	321	355	388	514	533	467	394	422	511	468	614	653	699	801	599	473
180°	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°
650	485	499	423	402	272	339	365	164	-54	185	191	174	138	75	-152	-142	38

26.-Observaciones:

--

Tabla 35: Ficha resumen de la estación reemisora



Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015

Fdo. Víctor Quintana Suárez

Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en Sonido e Imagen  
Colegiado N°: 123456



## 9.2 Anexo II: Cálculo de la instalación eléctrica

### 9.2.1 Introducción

El objetivo de este anexo es dar una breve descripción de la instalación eléctrica y alumbrado que se necesita para conseguir un correcto funcionamiento de todos los equipos implicados en este tipo de proyecto.

Se instalará un nuevo cuadro eléctrico general para el equipamiento de la caseta, dimensionando las protecciones según la carga que soportarán y las derivaciones hacia los distintos elementos receptores.

### 9.2.2 Potencia necesaria

La potencia total consumida es de 808 W y se reparte de la siguiente manera:

#### EQUIPOS:

4 Módulos de alimentación de los equipos transmisores de 180W.....	720W
<b>TOTAL EQUIPOS: 720W</b>	

#### ALUMBRADO:

Iluminación estanca (2 x 36).....	72W
Receptor alumbrado de emergencia (2x 8).....	16 W
2 TC (Tomas de corriente).....	----
<b>TOTAL ALUMBRADO: 88W</b>	

<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA: 808 W</b>	
--	--

Tabla 36: Potencia instalada en la estación reemisora



### 9.2.3 Cálculo de las líneas

Teniendo en cuenta los consumos de cada equipamiento y guardando un margen para las tomas de corriente libres de carga y que se instalarán, podemos determinar las secciones de los tendidos necesarios para la distribución en la caseta. También definiremos los interruptores magnetotérmicos a emplear, aislamiento, etc.

Se indica que todos los conductores instalados son de aislamiento termoplástico, de cobre de  $p = 0.018 \text{ mm}^2/\text{m}$ .

Los conductores / cables elegidos son cables libres de halógenos no propagadores de incendios (UNE-EN 50266), generan en su combustión una cantidad mínima de monóxido de carbono y ácido clorhídrico (inferior al 0.5 %, UNE-EN 50267-2-1) y poca opacidad de humos (desprenden humos casi transparentes).

Denominación de la línea	Potencia Instalada (W)	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Aislamiento	Longitud línea (m)
Línea 1: Equipos de transmisión	720	2,5	1KV	6
Línea 2: Enchufes tipo Schuko 16A	1000	2,5	1KV	5
Línea 3: Alumbrado estancia + Alumbrado emergencia	88	1,5	1KV	10

Tabla 37: Cálculos de las líneas de la instalación eléctrica

### 9.2.4 Canalizaciones elegidas

Se escogen canalizaciones rígidas vistas de PVC libre de halógenos, de acuerdo con la ITC-BT-20.



**9.2.5 Dispositivos generales de mando y protección. Protecciones (ITC-BT-17) y de acuerdo al apartado 11 de las Normas Particulares**

El Cuadro General de Protección se encuentra situado en el interior del recinto de la caseta, con interruptor general automático (IGA) de 2 \* 20 A, 10 KA, interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos a la salida de cada línea, con el dimensionamiento que se observan en la tabla 37.

**9.2.6 Cálculo justificativo de la instalación eléctrica**

A continuación se presenta el cálculo de las líneas, automáticos y resto de elementos de la instalación eléctrica de la caseta, extraídos del resultado entregado por la aplicación Cypelec. Instalaciones eléctricas de baja tensión Versión 2008.1.p [18].

Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
T. Tierra masas de baja tensión: -Resistencia: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4</i>	Máximo: 800 Ohm Calculado: 4 Ohm	Cumple
Derivación Individual Línea H07Z1 3 G 6: -Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> -Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.15 %): <i>Reglamento ITC-BT-15, Apartado 3</i> -Sección 6 mm2 - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> -Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> -Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Máximo: 36 A Calculado: 9.92 A  Máximo: 1.5 % Calculado: 0.15 %  Sección normalizada y definida  Mínimo: 6 mm2 Calculado: 6 mm2  Mínimo: 25 mm Calculado: 32 mm	Cumple  Cumple  Cumple  Cumple  Cumple
Derivación Individual Protección E-3 In: 32 A: -El fusible debe ser de tipo gG/gL: <i>IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Apartado 5.7.1 Fusible tipo gG para protección de líneas y Apartado 5.6.3 Tabla 3.</i> -El calibre del fusible está normalizado: <i>IEC 60269-1 (UNE 21-103-91 / EN 60 269-1) Apartado 5.3.1 y 5.6.3</i>	Tipo gL/gG  In = 32.0 A	Cumple  Cumple



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
<p>-Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i></p>	$U_n = 500 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U$	Cumple
<p>Derivación Individual Protecciones a cortocircuito: -Poder corte suficiente a <math>U_n = 230 \text{ V}</math>: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i></p>	<p>Mínimo: 2.5 kA Calculado: 100 kA</p>	Cumple
<p>Derivación Individual Calibre Protección E-3 In: 32 A: -I nominal protección <math>\geq</math> I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i></p>	<p>Máximo: 32 A Calculado: 25 A</p>	Cumple
<p>Derivación Individual Prot./Lín.: E-3 In: 32 A / H07Z1 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Intensidad <math>\leq</math> I nominal protección: -I nominal protección <math>\leq</math> I admisible cable:</p>	<p><math>I_b = 9.92 \text{ A} \leq 32.00 \text{ A} = I_n</math> <math>I_n = 32.00 \text{ A} \leq 36.00 \text{ A} = I_z</math></p>	Cumple Cumple
<p>Derivación Individual Prots./Lín.: H07Z1 3 G 6: -I tiempo convencional <math>\leq 1.45</math> I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> -Icc,máx. = 2.5 kA: <math>k^2S^2 &gt; I^2t</math>: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para <math>t_{cable} &lt; 0.1s</math>, <math>k^2S^2</math> del cable <math>&gt; I^2t</math> de la protección</i> -Icc,mín. = 1.8 kA: t admisible cable <math>&gt;</math> t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para <math>t_{cable}</math> entre 0.1s y 5s, <math>t_{cable} &gt; t_{proteccion}</math></i></p>	<p><math>I_2 = 51.20 \text{ A} \leq 52.20 \text{ A} = 1.45 \times I_n</math> <math>k^2S^2 = 476100 &gt; 5000 = I^2t \text{ (A}^2\text{s)}</math> <math>t_{adm} = 0.15s &gt; 0.02s = t_d</math></p>	Cumple Cumple Cumple
<p>Interruptor Control Potencia (01) Línea H07Z1 3 G 6: -Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> -Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.01 %): <i>Reglamento ITC-BT-15, Apartado 3</i> -Sección 6 mm<sup>2</sup> - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> -Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i></p>	<p>Máximo: 36 A Calculado: 9.92 A  Máximo: 1.5 % Calculado: 0.16 %  Sección normalizada y definida  Mínimo: 6 mm<sup>2</sup> Calculado: 6 mm<sup>2</sup></p>	Cumple Cumple Cumple Cumple
<p>Interruptor Control Potencia (01) Protección E-3 In: 32 A: -El fusible debe ser de tipo gG/gL: <i>IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Apartado 5.7.1 Fusible tipo gG para protección de líneas y Apartado 5.6.3 Tabla 3.</i> -El calibre del fusible está normalizado: <i>IEC 60269-1 (UNE 21-103-91 / EN 60 269-1) Apartado 5.3.1 y 5.6.3</i></p>	<p>Tipo gL/gG  <math>I_n = 32.0 \text{ A}</math></p>	Cumple Cumple



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
-Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	$U_n = 500 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U$	Cumple
Interruptor Control Potencia (01) Protecciones a cortocircuito: -Poder corte suficiente a $U_n = 230 \text{ V}$ : <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 1.765 kA Calculado: 100 kA	Cumple
Interruptor Control Potencia (01) Prot./Lín.: E-3 In: 32 A / H07Z1 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>		
-Intensidad $\leq I$ nominal protección:	$I_b = 9.92 \text{ A} \leq 32.00 \text{ A} = I_n$	Cumple
-I nominal protección $\leq I$ admisible cable:	$I_n = 32.00 \text{ A} \leq 36.00 \text{ A} = I_z$	Cumple
Interruptor Control Potencia (01) Prots./Lín.: H07Z1 3 G 6:		
-I tiempo convencional $\leq 1.45 I$ admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	$I_2 = 51.20 \text{ A} \leq 52.20 \text{ A} = 1.45 \times I_n$	Cumple
-I <sub>cc</sub> , máx. = 1.8 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t<sub>cable</sub> entre 0.1s y 5s, t<sub>cable</sub> &gt; t<sub>proteccion</sub></i>	$t_{adm} = 0.15 \text{ s} > 0.02 \text{ s} = t_d$	Cumple
-I <sub>cc</sub> , mín. = 1.7 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t<sub>cable</sub> entre 0.1s y 5s, t<sub>cable</sub> &gt; t<sub>proteccion</sub></i>	$t_{adm} = 0.16 \text{ s} > 0.02 \text{ s} = t_d$	Cumple
Cuadro de Mando y Protección (0101) Línea H07Z1 3 G 6:		
-Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i>	Máximo: 36 A Calculado: 9.92 A	Cumple
-Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.01 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>	Máximo: 5 % Calculado: 0.18 %	Cumple
-Sección 6 mm <sup>2</sup> - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i>	Sección normalizada y definida	Cumple
-Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Mínimo: 6 mm <sup>2</sup> Calculado: 6 mm <sup>2</sup>	Cumple
Cuadro de Mando y Protección (0101) Protección E-2 In: 25 A:		
-Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	$U_n = 240 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U$	Cumple
Cuadro de Mando y Protección (0101) Protecciones a cortocircuito:		
-Poder corte suficiente a $U_n = 230 \text{ V}$ : <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 1.714 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Cuadro de Mando y Protección (0101) Calibre Protección E-2 In: 25 A:		
-I nominal protección $\geq I$ nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 25 A Calculado: 16 A	Cumple



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuadro de Mando y Protección (0101) Prot./Lín.: E-2 In: 25 A / H07Z1 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Intensidad <math>\leq</math> I nominal protección: -I nominal protección <math>\leq</math> I admisible cable:</p>	<p><math>I_b = 9.92 \text{ A} \leq 25.00 \text{ A} = I_n</math> <math>I_n = 25.00 \text{ A} \leq 36.00 \text{ A} = I_z</math></p>	<p>Cumple Cumple</p>
<p>Cuadro de Mando y Protección (0101) Prots./Lín.: H07Z1 3 G 6:</p> <p>-I tiempo convencional <math>\leq 1.45 I</math> admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Icc,máx. = 1.7 kA: t admisible cable &gt; t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t cable entre 0.1s y 5s, t cable &gt; t proteccion</i></p> <p>-Icc,mín. = 1.7 kA: t admisible cable &gt; t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t cable entre 0.1s y 5s, t cable &gt; t proteccion</i></p>	<p><math>I_2 = 36.25 \text{ A} \leq 52.20 \text{ A} = 1.45 \times I_n</math> <math>t_{adm} = 0.16 \text{ s} &gt; 0.10 \text{ s} = t_d</math> <math>t_{adm} = 0.17 \text{ s} &gt; 0.10 \text{ s} = t_d</math></p>	<p>Cumple Cumple Cumple</p>
<p>Transformador de aislamiento (010101) Línea H07Z1 3 G 6:</p> <p>-Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i></p> <p>-Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.01 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i></p> <p>-Sección 6 mm<sup>2</sup> - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i></p> <p>-Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i></p>	<p>Máximo: 36 A Calculado: 9.92 A</p> <p>Máximo: 5 % Calculado: 0.19 %</p> <p>Sección normalizada y definida</p> <p>Mínimo: 6 mm<sup>2</sup> Calculado: 6 mm<sup>2</sup></p>	<p>Cumple Cumple Cumple Cumple</p>
<p>Transformador de aislamiento (010101) Protección E-2 In: 25 A:</p> <p>-Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i></p>	<p><math>U_n = 240 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U</math></p>	<p>Cumple</p>
<p>Transformador de aislamiento (010101) Protecciones a cortocircuito:</p> <p>-Poder corte suficiente a <math>U_n = 230 \text{ V}</math>: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i></p>	<p>Mínimo: 1.667 kA Calculado: 6 kA</p>	<p>Cumple</p>
<p>Transformador de aislamiento (010101) Prot./Lín.: E-2 In: 25 A / H07Z1 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Intensidad <math>\leq</math> I nominal protección: -I nominal protección <math>\leq</math> I admisible cable:</p>	<p><math>I_b = 9.92 \text{ A} \leq 25.00 \text{ A} = I_n</math> <math>I_n = 25.00 \text{ A} \leq 36.00 \text{ A} = I_z</math></p>	<p>Cumple Cumple</p>
<p>Transformador de aislamiento (010101) Prots./Lín.: H07Z1 3 G 6:</p> <p>-I tiempo convencional <math>\leq 1.45 I</math> admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Icc,máx. = 1.7 kA: t admisible cable &gt; t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t cable entre 0.1s y 5s, t cable &gt; t proteccion</i></p>	<p><math>I_2 = 36.25 \text{ A} \leq 52.20 \text{ A} = 1.45 \times I_n</math> <math>t_{adm} = 0.17 \text{ s} &gt; 0.10 \text{ s} = t_d</math></p>	<p>Cumple Cumple</p>



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
-Icc,mín. = 1.6 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable &gt; tproteccion</i>	tadm = 0.18s > 0.10s = td	Cumple
Diferencial (01010101) Línea H07Z1 3 G 6:  -Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i>  -Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.01 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>  -Sección 6 mm <sup>2</sup> - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i>  -Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Máximo: 36 A Calculado: 9.92 A  Máximo: 5 % Calculado: 0.21 %  Sección normalizada y definida  Mínimo: 6 mm <sup>2</sup> Calculado: 6 mm <sup>2</sup>	Cumple  Cumple  Cumple  Cumple
Diferencial (01010101) Protección E-1 Id: 30 mA:  -El calibre del diferencial es valor comercial: <i>Es conveniente usar diferenciales con valores de intensidad nominal comercial.</i>  -Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	In = 40 A  Un = 230 V >= 230 V = U	Cumple  Cumple
Diferencial (01010101) Protección E-2 In: 25 A:  -Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 240 V >= 230 V = U	Cumple
Diferencial (01010101) Protecciones a cortocircuito:  -Poder corte suficiente a Un = 230 V: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 1.621 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Diferencial (01010101) Prot./Lín.: E-1 Id: 30 mA / H07Z1 3 G 6:  -Intensidad <= I nominal protección: <i>La intensidad nominal del diferencial debe ser mayor a la que circula por la línea.</i>  -I defecto > sensibilidad diferencial: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>  -Sensibilidad diferencial/2 > I fugas línea: <i>Las corrientes de fugas estimadas por las capacidades parásitas de los cables no deben hacer saltar el diferencial.</i>	Ib = 9.92 A <= 40.00 A = In  Idef = 32.991 A > 0.030 A = Id  Id/2 = 0.015 A > 0.000 A = If	Cumple  Cumple  Cumple
Diferencial (01010101) Calibre Protección E-1 Id: 30 mA:  -I nominal protección >= I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 40 A Calculado: 16 A	Cumple



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
Diferencial (01010101) Prot./Lín.: E-2 In: 25 A / H07Z1 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> -Intensidad $\leq$ I nominal protección: -I nominal protección $\leq$ I admisible cable:	$I_b = 9.92 \text{ A} \leq 25.00 \text{ A} = I_n$ $I_n = 25.00 \text{ A} \leq 36.00 \text{ A} = I_z$	Cumple Cumple
Diferencial (01010101) Prots./Lín.: H07Z1 3 G 6: -I tiempo convencional $\leq$ 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> -I <sub>cc</sub> , máx. = 1.6 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t<sub>cable</sub> entre 0.1s y 5s, t<sub>cable</sub> &gt; t<sub>proteccion</sub></i> -I <sub>cc</sub> , mín. = 1.6 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t<sub>cable</sub> entre 0.1s y 5s, t<sub>cable</sub> &gt; t<sub>proteccion</sub></i>	$I_2 = 36.25 \text{ A} \leq 52.20 \text{ A} = 1.45 \times I_n$ $t_{adm} = 0.18 \text{ s} > 0.10 \text{ s} = t_d$ $t_{adm} = 0.19 \text{ s} > 0.10 \text{ s} = t_d$	Cumple Cumple Cumple
Alumbrado (0101010101) Línea H07Z1 3 G 1.5: -Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> -Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.23 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> -Sección 1.5 mm <sup>2</sup> - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> -Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> -Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Máximo: 15 A Calculado: 2.13 A Máximo: 3 % Calculado: 0.44 % Sección normalizada y definida Mínimo: 1.5 mm <sup>2</sup> Calculado: 1.5 mm <sup>2</sup> Mínimo: 16 mm Calculado: 20 mm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Alumbrado (0101010101) Protección E-1 In: 10 A: -Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	$U_n = 240 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U$	Cumple
Alumbrado (0101010101) Protecciones a cortocircuito: -Poder corte suficiente a $U_n = 230 \text{ V}$ : <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 1.579 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Alumbrado (0101010101) Calibre Protección E-1 In: 10 A: -I nominal protección $\geq$ I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 10 A Calculado: 0 A	Cumple
Alumbrado (0101010101) Prot./Lín.: E-1 In: 10 A / H07Z1 3 G 1.5: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> -Intensidad $\leq$ I nominal protección:	$I_b = 2.13 \text{ A} \leq 10.00 \text{ A} = I_n$	Cumple



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
-I nominal protección <= I admisible cable:	$I_n = 10.00 \text{ A} \leq 15.00 \text{ A} = I_z$	Cumple
<p>Alumbrado (0101010101)            Prots./Lín.: H07Z1 3 G 1.5:</p> <p>-I tiempo convencional &lt;= 1.45 I admisible cable:  <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Icc,máx. = 1.6 kA: <math>k^2S^2 &gt; I^2t</math>:  <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable &lt; 0.1s, k^2S^2 del cable &gt; I^2t de la protección</i></p> <p>-Icc,mín. = 0.5 kA: t admisible cable &gt; t disparo:  <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable &gt; tproteccion</i></p> <p>-Protegida con diferenciales contra contactos indirectos:  <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i></p>	<p><math>I_2 = 14.50 \text{ A} \leq 21.75 \text{ A} = 1.45 \times I_n</math></p> <p><math>29756 &gt; I^2t \text{ (A}^2\text{s)} \quad 6.0 \text{ kA} &gt; 1.6 \text{ kA}</math></p> <p><math>t_{adm} = 0.11\text{s} &gt; 0.10\text{s} = t_d</math></p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010102)            Línea H07Z1 3 G 2.5:</p> <p>-Intensidad admisible:  <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i></p> <p>-Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.17 %):  <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i></p> <p>-Sección 2.5 mm<sup>2</sup> - Instalación interior:  <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i></p> <p>-Sección mínima de tierra:  <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i></p> <p>-Diámetro mínimo tubo:  <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i></p>	<p>Máximo: 21 A            Calculado: 4.56 A</p> <p>Máximo: 5 %            Calculado: 0.37 %</p> <p>Sección normalizada y definida</p> <p>Mínimo: 2.5 mm<sup>2</sup>            Calculado: 2.5 mm<sup>2</sup></p> <p>Mínimo: 20 mm            Calculado: 25 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010102)            Protección E-1 In: 16 A:</p> <p>-Tensión de uso válida:  <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i></p>	<p><math>U_n = 240 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U</math></p>	<p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010102)            Protecciones a cortocircuito:</p> <p>-Poder corte suficiente a <math>U_n = 230 \text{ V}</math>:  <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i></p>	<p>Mínimo: 1.579 kA            Calculado: 6 kA</p>	<p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010102)            Calibre Protección E-1 In: 16 A:</p> <p>-I nominal protección &gt;= I nominal protección posterior:  <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i></p>	<p>Máximo: 16 A            Calculado: 0 A</p>	<p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010102)            Prot./Lín.: E-1 In: 16 A / H07Z1 3 G 2.5:  <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <p>-Intensidad &lt;= I nominal protección:</p> <p>-I nominal protección &lt;= I admisible cable:</p>	<p><math>I_b = 4.56 \text{ A} \leq 16.00 \text{ A} = I_n</math></p> <p><math>I_n = 16.00 \text{ A} \leq 21.00 \text{ A} = I_z</math></p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tomas Corriente (0101010102)                      Prots./Lín.: H07Z1 3 G 2.5:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-I tiempo convencional <math>\leq 1.45 I</math> admisible cable:  <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></li> <li>-Icc,máx. = 1.6 kA: <math>k^2S^2 &gt; I^2t</math>:  <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para <math>t_{cable} &lt; 0.1s</math>, <math>k^2S^2</math> del cable <math>&gt; I^2t</math> de la protección</i></li> <li>-Icc,mín. = 1.0 kA: <math>k^2S^2 &gt; I^2t</math>:  <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para <math>t_{cable} &lt; 0.1s</math>, <math>k^2S^2</math> del cable <math>&gt; I^2t</math> de la protección</i></li> <li>-Protegida con diferenciales contra contactos indirectos:  <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i></li> </ul>	<p><math>I_2 = 23.20 \text{ A} \leq 30.45 \text{ A} = 1.45 \times I_2</math></p> <p><math>82656 &gt; I^2t \text{ (A}^2\text{s)} \quad 10.0 \text{ kA} &gt; 1.6 \text{ kA}</math></p> <p><math>82656 &gt; I^2t \text{ (A}^2\text{s)} \quad 10.0 \text{ kA} &gt; 1.0 \text{ kA}</math></p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010103)                      Línea H07Z1 3 G 2.5:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Intensidad admisible:  <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i></li> <li>-Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.14 %):  <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i></li> <li>-Sección 2.5 mm<sup>2</sup> - Instalación interior:  <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i></li> <li>-Sección mínima de tierra:  <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i></li> <li>-Diámetro mínimo tubo:  <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i></li> </ul>	<p>Máximo: 21 A                      Calculado: 3.28 A</p> <p>Máximo: 5 %                      Calculado: 0.35 %</p> <p>Sección normalizada y definida</p> <p>Mínimo: 2.5 mm<sup>2</sup>                      Calculado: 2.5 mm<sup>2</sup></p> <p>Mínimo: 20 mm                      Calculado: 25 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010103)                      Protección E-1 In: 16 A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tensión de uso válida:  <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i></li> </ul>	<p><math>U_n = 240 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U</math></p>	<p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010103)                      Protecciones a cortocircuito:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Poder corte suficiente a <math>U_n = 230 \text{ V}</math>:  <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i></li> </ul>	<p>Mínimo: 1.579 kA                      Calculado: 6 kA</p>	<p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010103)                      Calibre Protección E-1 In: 16 A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-I nominal protección <math>\geq I</math> nominal protección posterior:  <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i></li> </ul>	<p>Máximo: 16 A                      Calculado: 0 A</p>	<p>Cumple</p>
<p>Tomas Corriente (0101010103)                      Prot./Lín.: E-1 In: 16 A / H07Z1 3 G 2.5:  <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Intensidad <math>\leq I</math> nominal protección:</li> <li>-I nominal protección <math>\leq I</math> admisible cable:</li> </ul>	<p><math>I_b = 3.28 \text{ A} \leq 16.00 \text{ A} = I_n</math></p> <p><math>I_n = 16.00 \text{ A} \leq 21.00 \text{ A} = I_z</math></p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>



Referencia: General		
Comprobación	Valores	Estado
Tomas Corriente (0101010103) Prots./Lín.: H07Z1 3 G 2.5: -I tiempo convencional $\leq 1.45 I$ admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	$I_2 = 23.20 \text{ A} \leq 30.45 \text{ A} = 1.45 \times I_n$	Cumple
-I <sub>cc</sub> ,máx. = 1.6 kA: $k^2 S^2 > I^2 t$ : <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t<sub>cable</sub> &lt; 0.1s, k<sup>2</sup>S<sup>2</sup> del cable &gt; I<sup>2</sup>t de la protección</i>	$82656 > I^2 t \text{ (A}^2\text{s)} \quad 10.0 \text{ kA} > 1.6 \text{ kA}$	Cumple
-I <sub>cc</sub> ,mín. = 0.9 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t<sub>cable</sub> entre 0.1s y 5s, t<sub>cable</sub> &gt; t<sub>proteccion</sub></i>	$t_{adm} = 0.10\text{s} > 0.10\text{s} = t_d$	Cumple
-Protegida con diferenciales contra contactos indirectos: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>		Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015

Fdo. Víctor Quintana Suárez

Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en Sonido e Imagen  
 Colegiado N°: 123456



## 9.3 Anexo III: Estudio básico de la seguridad y salud

### 9.3.1 Normas de seguridad aplicables en la obra

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre la Señalización de seguridad en el trabajo
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los Lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1997 DE 17 DE ENERO, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980, Ley 32/1984, Ley 11/1994.)
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

### 9.3.2 Identificación de riesgos y prevención

Para la realización de las instalaciones en la caseta y torre a que se refiere este proyecto, se mirarán los riesgos más frecuentes, las medidas preventivas y las protecciones individuales para cada uno de los trabajos.



A continuación, se exponen los riesgos generales inherentes a los trabajos a realizar:

<b>Identificación de Riesgos</b>	<b>Evaluación del Riesgo</b>	<b>Medidas Preventivas</b>
Caída al mismo nivel al caminar por la instalación o trabajar a pequeñas alturas	La probabilidad es baja y el riesgo es trivial. Se puede reducir el riesgo si se implantan buenas medidas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpieza en las zonas de trabajo y uso de calzado de seguridad adecuado</li><li>• Señalización adecuada de canales abiertas (malla naranja o cadena sobre puntales, balizas,...)</li><li>• Para acceder a pequeñas alturas utilizar medios auxiliares adecuados o medios mecánicos si es posible</li></ul>
Pisadas sobre objetos, heridas punzantes en pies y manos	La probabilidad es baja y el riesgo es trivial. Se puede reducir el riesgo si se implantan buenas medidas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ordenación y limpieza en la zona de trabajo</li><li>• Empleo de la herramienta adecuada</li><li>• Uso de calzado y guantes de seguridad</li></ul>
Contactos con elementos cortantes	La probabilidad es media y el riesgo es trivial. Implantando métodos de trabajo se minimizarán los riesgos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uso por personal capacitado</li><li>• No forzar la herramienta</li><li>• Comprobar buen estado de herramienta y evitar posturas forzadas.</li></ul>
Perforaciones o cortes	La probabilidad es baja y el riesgo es tolerable. Se puede reducir el riesgo si se implantan buenas medidas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uso por personal capacitado</li><li>• No forzar la herramienta y comprobar buen estado</li><li>• Utilización de guantes y calzado adecuado.</li></ul>
Caída a distinto nivel	La probabilidad es baja. El riesgo es importante. Puede que precisen recursos considerables para controlar el riesgo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpieza en las zonas de trabajo y uso de calzado de seguridad adecuado</li><li>• Señalización adecuada de canales abiertas (malla naranja o cadena sobre puntales, balizas,...)</li><li>• Para acceder a pequeñas alturas utilizar medios auxiliares adecuados o medios mecánicos si es posible</li></ul>



Identificación de Riesgos	Evaluación del Riesgo	Medidas Preventivas
Caída de objetos sobre las personas	La probabilidad es baja. El riesgo es importante. Puede que precisen recursos considerables para controlar el riesgo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trabajar en torre con bolsas contenedoras para herramientas y accesorios.</li><li>• Mantener el orden y permanecer fuera del área de caídas de objetos bajo la torre.</li><li>• Limpieza del emplazamiento.</li><li>• Señalización.</li></ul>
Carga física y sobreesfuerzo	La probabilidad es media y el riesgo es moderado. Se puede reducir el riesgo si se implantan buenas medidas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trasladar el material en posición correcta.</li><li>• Utilizar siempre equipos de trabajo como puede ser cuerdas-guías</li></ul>
Sobrecarga Térmica	La probabilidad es baja y el riesgo es moderado. Se puede reducir el riesgo si se implantan buenas medidas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• No estar demasiadas hora expuestos al sol</li></ul>
Choques y Golpes	La probabilidad es baja y el riesgo es trivial.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Señalizar los obstáculos.</li><li>• Limpieza en las zonas de trabajo.</li></ul>
Contactos eléctricos directos e indirectos	La probabilidad es baja. El riesgo es importante. Puede que precisen recursos considerables para controlar el riesgo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abrir todas las fuentes de tensión.</li><li>• Bloquear los aparatos de corte.</li><li>• Verificar la ausencia de tensión.</li><li>• Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.</li><li>• Delimitar y señalar la zona de trabajo.</li></ul>

Tabla 38: Identificación de los riesgos inherentes en la obra



Puede deducirse que para cada riesgo su tabla de probabilidad, consecuencia y valoración es la siguiente:

Riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Evaluación del riesgo
• Caída al mismo nivel al caminar por la instalación o trabajar a pequeñas alturas	BAJA	POCO DAÑINA	TRIVIAL
• Pisadas sobre objetos, heridas punzantes en pies y manos	BAJA	POCO DAÑINA	TRIVIAL
• Contactos con elementos cortantes	BAJA	POCO DAÑINA	TRIVIAL
• Perforaciones o cortes	BAJA	DAÑINA	TOLERABLE
• Caída a distinto nivel	BAJA	DAÑINA	TOLERABLE
• Caída de objetos sobre las personas	BAJA	DAÑINA	TOLERABLE
• Carga física y sobreesfuerzo	MEDIA	POCO DAÑINA	MODERADO
• Sobrecarga Térmica	BAJA	POCO DAÑINA	MODERADO
• Choques y Golpes	BAJA	POCO DAÑINA	TRIVIAL
• Contactos eléctricos directos e indirectos	BAJA	DAÑINA	TOLERABLE

Tabla 39: Probabilidad y consecuencias de los riesgos evaluados

### 9.3.2.1 Orden y limpieza

Es de obligado cumplimiento mantener el orden y limpieza en los emplazamientos, organizando adecuadamente los equipos, materiales, herramientas y desechos como restos de cables, embalajes, etc.

El orden y limpieza en los emplazamientos facilitará la localización de materiales y herramientas y mejorará las condiciones de trabajo al disponer de más espacio.

#### 9.3.2.1.1 Evaluación de riesgos

- ✓ Caídas al mismo y distinto nivel.
- ✓ Torceduras, resbalones y golpes en extremidades y cabeza.



- ✓ Dificultades en la evacuación en caso de emergencia, incendio o accidente.

#### 9.3.2.1.2 Normas básicas de seguridad

- ✓ Mantener el orden y la limpieza necesaria en la obra.
- ✓ Colocar racionalmente los equipos, herramientas, etc.
- ✓ Tener despejadas las zonas de circulación.
- ✓ Eliminar los desechos según se vayan generando.

#### 9.3.2.2 *Manipulación manual de cargas*

Comprende el conjunto de operaciones realizadas por uno o varios trabajadores, que incluyen: levantamiento, colocación, empuje, tracción, transporte, sujeción, etc. de materiales, herramientas u objetos que puedan suponer riesgos para los trabajadores.

##### 9.3.2.2.1 Evaluación de riesgos

- ✓ Alteraciones dorsolumbares.
- ✓ Golpes, cortes y atrapamientos.
- ✓ Caída de la carga.
- ✓ Caída a mismo y distinto nivel.

##### 9.3.2.2.2 Normas básicas de seguridad

- ✓ Examinar la carga para conocer las características de la misma, antes de iniciar el levantamiento.
- ✓ No levantar cargas superiores de 25 Kg. Sólo en ocasiones esporádicas y por personal suficientemente preparado y en adecuadas condiciones físicas se podrán levantar 40 Kg. Los trabajadores jóvenes, no podrán levantar más de 15 Kg.
- ✓ Asegurarse previamente de que los puntos de apoyo del cuerpo son firmes y estables. Apoyar los pies firmemente.



- ✓ Levantar o bajar la carga manteniendo la espalda lo más recta posible, doblando las rodillas para cogerla o posarla.
- ✓ Llevar la carga manteniéndose derecho y mantenerla lo más cerca posible del cuerpo.
- ✓ No levantar cargas pesadas por encima de la cintura en un solo movimiento.
- ✓ Separar los pies unos 50 cm. para levantar la carga.
- ✓ Aprovechar el peso del cuerpo de manera efectiva para empujar los objetos y tirar de ellos.
- ✓ Agarrar la carga firmemente.
- ✓ No girar el tronco con la carga, girar moviendo las piernas.
- ✓ Evitar movimientos bruscos.
- ✓ Cuando las características de la carga lo aconsejen, manipular la carga entre dos operarios.
- ✓ Utilizar medios auxiliares cuando la carga sea muy pesada o voluminosa.

El transporte y manejo de las antenas, bobinas de cable y equipos se realizará de forma cuidadosa. Se seguirán las reglas sobre manejo de cargas.

Se delimitará la zona de trabajo, debiendo llevar los operarios las prendas y EPI's adecuados y necesarios para la realización de los trabajos. Estará prohibida la permanencia de operarios bajo el radio de acción de cargas suspendidas.

### **9.3.2.3 Utilización de herramientas manuales**

#### **9.3.2.3.1 Evaluación de riesgos**

- ✓ Contusiones
- ✓ Contactos eléctricos directos e indirectos
- ✓ Golpes y cortes en manos ocasionados por las propias herramientas durante el trabajo normal con las mismas.
- ✓ Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la propia herramienta.



- ✓ Golpes en diferentes partes del cuerpo por despedido de la propia herramienta o del material trabajado.
- ✓ Esguinces por sobreesfuerzos o gestos violentos.

#### 9.3.2.3.2 Normas básicas de seguridad

El operario que vaya a manipular una herramienta manual deberá conocer los siguientes aspectos:

- ✓ Los trabajadores deberán seguir un plan de adiestramiento en el correcto uso de cada herramienta que deba emplear en su trabajo.
- ✓ No se deben utilizar las herramientas con otros fines que los suyos específicos, ni sobrepasar las prestaciones para las que técnicamente han sido concebidas.
- ✓ Utilizar la herramienta adecuada para cada tipo de operación.
- ✓ No trabajar con herramientas estropeadas.
- ✓ Utilizar elementos auxiliares o accesorios que cada operación exija para realizarla en las mejores condiciones de seguridad.

Para el transporte de las herramientas se deben tomar las siguientes medidas:

- ✓ El transporte de herramientas se debe realizar en cajas, bolsas o cinturones especialmente diseñados para ello.
- ✓ Las herramientas no se deben llevar en los bolsillos sean punzantes o cortantes o no.
- ✓ Cuando se deban subir escaleras o realizar maniobras de ascenso o descenso, las herramientas se llevarán de forma que las manos queden libres.

El responsable de la obra se asegurará de:

- ✓ Asignar a los operarios las herramientas adecuadas a las operaciones que deban realizar.
- ✓ Al inicio de la jornada laboral las herramientas necesarias serán recogidas por cada uno de los trabajadores debiendo retornarlas a su lugar de almacenamiento al final de la misma.



- ✓ Periódicamente se deben inspeccionar el estado de las herramientas y las que se encuentren deterioradas enviarlas al servicio de mantenimiento para su reparación o su eliminación definitiva.
- ✓ Periódicamente se observaran como se efectúan las operaciones con las distintas herramientas manuales y, las deficiencias detectadas durante las observaciones se comunicarán a cada operario para su corrección, explicando de forma práctica, cual es el problema y cual la solución asociada.

#### 9.3.2.3.3 Normas básicas de seguridad en herramientas eléctricas

- ✓ Deben estar dotadas de doble aislamiento de seguridad o toma a tierra.
- ✓ Se vigilará que la herramienta y los apoyos del usuario estén secos.
- ✓ Los trabajos se realizarán siempre en posición estable.
- ✓ Quien la utilice debe conocer y aplicar sus instrucciones de uso.
- ✓ Se comprobará, antes de su utilización, el correcto mantenimiento de la herramienta, cable y accesorios.
- ✓ Se comprobará que la herramienta está libre de grasas u otras sustancias antideslizantes en su parte de sujeción.
- ✓ Se asegurará que el cabezal, broca, disco, etc. estén convenientemente fijados y situados.
- ✓ Para sustituir una broca o disco se desenchufará previamente la herramienta.
- ✓ Se asegurará, antes de su utilización que la propia herramienta no puede pelar el cable.
- ✓ La desconexión no se hará mediante tirón brusco del cable.
- ✓ Se deberá asegurar el usuario de que existe diferencial de respuesta rápida que le proteja de posibles descargas.
- ✓ No se debe utilizar herramienta tipo taladro o radial llevando mangas largas, cadenas, bufandas, etc. que puedan engancharse.
- ✓ Durante el taladro o corte se debe mantener cualquier parte del cuerpo, lo más alejada de la broca o disco.



#### 9.3.2.4 Trabajos eléctricos

##### 9.3.2.4.1 Evaluación de riesgos

- ✓ Contactos eléctricos directos, al tocar una parte habitualmente en tensión.
- ✓ Contactos eléctricos indirectos, al tocar una parte que no debería estar normalmente en tensión.

Las consecuencias que pueden producir estos contactos son múltiples, como son:

- ✓ Quemaduras por arco y quemaduras por contacto.
- ✓ Calambres, contracciones musculares, tetanización de los músculos respiratorios.
- ✓ Fibrilación ventricular.
- ✓ Inhibición de centros nerviosos.
- ✓ Parada cardiorrespiratoria.
- ✓ Muerte.

Otros riesgos de los contactos eléctricos, son los debidos a movimientos imprevistos (reflejos) en determinadas posiciones o circunstancias: caída a mismo o distinto nivel, golpes contra objetos, cortes, etc.

##### 9.3.2.4.2 Normas básicas de seguridad

- ✓ Cuando se realicen trabajos en subestaciones o centros de reparto el calzado debe tener protección mecánica, eléctrica y atex, y la ropa de trabajo deberá tener protección frente al riesgo eléctrico.
- ✓ Antes de utilizar un aparato o instalación eléctrica, asegurarse de su perfecto estado.
- ✓ No utilizar cables dañados, clavijas rotas ni aparatos cuya carcasa presente defectos.
- ✓ Efectuar las conexiones con las clavijas adecuadas.
- ✓ Para utilizar un aparato o una instalación eléctrica, manipular, únicamente, los órganos de mando previstos para ese fin por el constructor o instalador.



- ✓ No alterar ni modificar la regulación de los dispositivos de seguridad ni los de mando.
- ✓ Reemplazar los fusibles fundidos por otros del mismo modelo y calibre.
- ✓ Para desconectar una clavija del enchufe, tirar siempre de ella, nunca del cable de alimentación.
- ✓ No manipular instalaciones eléctricas si no se está autorizado para ello.
- ✓ No mojar los aparatos o instalaciones eléctricas.
- ✓ Depositar el material eléctrico en lugares secos.
- ✓ Evitar la utilización de aparatos o equipos eléctricos con lluvia, cuando los cables atraviesen charcos o cuando se tenga alguna parte del cuerpo mojada.
- ✓ En ambientes húmedos, asegurarse de que todos los elementos de la instalación responden a las condiciones de utilización previstas para estos casos.
- ✓ Debe evitarse realizar reparaciones provisionales. Los cables dañados hay que reemplazarlos por otros nuevos. Los cables y enchufes eléctricos, se deben revisar de forma periódica y sustituir los que se encuentren en mal estado.
- ✓ No deben utilizarse adaptadores (ladrones) en las bases de toma de corriente, ya que existe el riesgo de sobrecargar la instalación.
- ✓ Conocer las normas de seguridad referentes a los equipos.
- ✓ Seguir las instrucciones de los superiores.
- ✓ Respetar las señales de advertencia de riesgo eléctrico.
- ✓ No se deben realizar trabajos en instalaciones eléctricas si no se tiene la formación y la autorización necesaria para ello.
- ✓ Antes de iniciar cualquier trabajo en baja tensión, se considerará que todos los cables conductores llevan corriente eléctrica, por lo que se comprobará previamente, mediante un verificador, la ausencia de tensión.
- ✓ Debe tratarse de aumentar la resistencia del cuerpo al paso de la corriente eléctrica mediante la utilización de los equipos de protección individual adecuados, como guantes dieléctricos, casco, calzado aislante con suela de goma, etc.
- ✓ Los cables eléctricos deben protegerse mediante canalizaciones de caucho duro o plástico, cuando estén depositados sobre el suelo en zonas de tránsito o trabajo.
- ✓ Todas las instalaciones deben ser revisadas periódicamente.



- ✓ Los sistemas de seguridad de las instalaciones eléctricas no deben ser manipulados, puesto que su función de protección quedaría anulada.

En todo caso, al trabajar en instalaciones eléctricas, se deben cumplir estas cinco reglas:

- ✓ Abrir todas las fuentes de tensión.
- ✓ Bloquear los aparatos de corte.
- ✓ Verificar la ausencia de tensión.
- ✓ Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- ✓ Delimitar y señalizar la zona de trabajo.

### **9.3.2.5 Cuadros eléctricos**

#### **9.3.2.5.1 Evaluación de riesgos**

Se ha de prever el riesgo de contacto eléctrico directo o indirecto con corriente eléctrica al manipular cuadros eléctricos.

- ✓ Contactos eléctricos directos e indirectos con corriente eléctrica.

#### **9.3.2.5.2 Medidas para prevenir los riesgos**

- ✓ La toma de corriente eléctrica para uso de herramientas portátiles, (taladros, cortadoras manuales, etc.) y en general todas las máquinas eléctricas, se conectarán exclusivamente a tomas alojadas en cuadros eléctricos con protección IP-65.
- ✓ Estos cuadros dispondrán obligatoriamente de la preceptiva toma de tierra, diferenciales con protección de 30 ó 300 mA para el circuito de fuerza, en función del tipo de máquina a conectar y en el caso de utilizar únicamente herramientas eléctricas portátiles, este diferencial será de 30 mA., (alta sensibilidad) para el circuito de alumbrado.
- ✓ Los cuadros estarán provistos de bases de conexión suficientes, al objeto de evitar conexiones improvisadas e incorrectas, disponiendo las mismas de las correspondientes protecciones magnetotérmicas.



### 9.3.2.6 Trabajos de soldadura

En los trabajos de soldadura se utiliza un soldador sencillo de estaño, especial para realizar soldaduras en circuitos electrónicos y determinados tipos de conectores.

#### 9.3.2.6.1 Evaluación de riesgos

- ✓ Incendio por acercar el soldador caliente a elementos inflamables o salpicaduras del metal incandescente.
- ✓ Quemaduras por salpicaduras de metal incandescente y contactos con los objetos calientes que se están soldando.
- ✓ Proyecciones de partículas de piezas trabajadas.
- ✓ Contactos eléctricos.
- ✓ Exposición a humos y gases de soldadura.
- ✓ Exposición a radiaciones.

#### 9.3.2.6.2 Normas básicas de seguridad

- ✓ Se prohíben los trabajos de soldadura en locales donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.
- ✓ Se debe dejar enfriar la soldadura. No tocar, nunca, la soldadura caliente.
- ✓ Las tomas de corriente deben situarse en lugares que permitan su desconexión rápida en caso de emergencia.
- ✓ Se debe evitar que el puesto de soldadura este sobre zonas húmedas y en cualquier caso se debe secar adecuadamente antes de iniciar los trabajos.
- ✓ Está prohibido soldar cerca de materiales inflamables.

#### 9.3.2.6.3 Equipos de protección individual necesarios

El equipo obligatorio de protección individual, se compone de:

- ✓ Gafas de protección.
- ✓ Casco de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera.



En general todo equipo de protección individual debe ser inspeccionado periódicamente y sustituido cuando presente cualquier defecto.

### **9.3.2.7 Incendios y explosiones**

#### **9.3.2.7.1 Normas sobre los focos de ignición**

- ✓ En los lugares donde exista riesgo de incendio o explosión, queda terminantemente prohibido fumar, encender fuego o introducir encendedores, cerillas o cualquier otro útil de ignición, debiéndose señalizarse, convenientemente, tal prohibición.
- ✓ Antes de efectuar trabajos de soldadura o cualquier otro que genere chispas, llamas o incrementen la temperatura, se deben retirar los objetos combustibles próximos al lugar de la operación, apantallando o cubriendo con mantas ignífugas aquellos que no se pueden retirar.
- ✓ En las zonas con riesgo de incendio, no se llevará a cabo ninguna operación que pueda generar chispas, llamas o aumento de temperatura, sin el correspondiente permiso explícito de persona autorizada.
- ✓ En los locales o instalaciones donde la electricidad estática suponga riesgo de incendio o explosión, se mantendrán, permanentemente, unidos a tierra todos los elementos en los que pueda generarse.

#### **9.3.2.7.2 Normas sobre extinción**

En caso de incendio es necesario actuar rápidamente, llevando a cabo las siguientes acciones:

- ✓ Mantener la calma y evaluar la situación.
- ✓ Avisar, inmediatamente, a los compañeros y al responsable de obra de la existencia del incendio.
- ✓ Cuando sea posible, cortar la corriente antes de comenzar su extinción.
- ✓ Tener en cuenta que los extintores portátiles sólo son útiles para atacar un conato de incendio.
- ✓ Si no se controla el incendio dar la alarma. Llamar a los bomberos.



## **Anexos**

- ✓ En caso de que no se pueda controlar el fuego con los medios disponibles, abandonar el emplazamiento, asegurándose de que lo hacen también el resto de los trabajadores, sin pararse a recoger herramientas o materiales de instalación.
- ✓ Antes de emplear un extintor debe comprobarse que es el adecuado para el tipo de fuego presente.
- ✓ No utilizar agua para apagar fuego en salas de equipo o similares, ya que esta es muy buena conductora de la electricidad y se suma el riesgo de contacto eléctrico.
- ✓ Si es posible, utilizar un extintor de polvo químico, orientando siempre el chorro a la base de las llamas.
- ✓ Si bien los extintores de CO<sub>2</sub> son muy efectivos, emiten un gas irrespirable, por lo que empobrece la cantidad de oxígeno en el aire en sitios cerrados, lo que aumenta el riesgo de asfixia. Además el gas que utilizan y la boquilla por donde sale, puede provocar quemaduras, ya que se encuentra a temperaturas muy bajas.
- ✓ En los fuegos provocados por gases se intentará cortar su suministro, por lo que debe conocerse la ubicación de las válvulas de cierre.
- ✓ El fuego se atacará de espaldas al viento.
- ✓ Después de haber sido utilizado un extintor, no volver a depositarlo en su lugar de origen, sino entregarlo al responsable de obra para que se proceda a su recarga o sustitución.
- ✓ Una vez controlado un incendio, debe comprobarse que está completamente apagado y eliminados los focos de temperatura elevada antes de abandonar el lugar.
- ✓ No se utilizarán los extintores de percheros. Nunca se colocarán prendas ni objetos de ningún tipo sobre los extintores o en su entorno que dificulten su visibilidad o su accesibilidad.

### **9.3.2.8 Trabajos en alturas**

En esta instrucción se analizan y se describen los sistemas de seguridad que se han instalado según especificaciones técnicas.



El objeto de esta instrucción es analizar las condiciones y medidas de seguridad que deben incorporarse a los procedimientos de trabajo cuando se ejecuten o desarrollen estos en situaciones de riesgo “caídas en alturas”. Sin que sea posible la eliminación total del mismo.

Esta instrucción afecta a todos los empleados de que deban realizar cualquier tipo de trabajo con riesgo en caída a distinto nivel. También será de obligado cumplimiento para todos aquellos contratistas que realicen cualquier tipo de trabajo con riesgo de caída de altura.

#### 9.3.2.8.1 Desplazamientos verticales

En los desplazamientos verticales es obligatorio el uso de los sistemas anticaídas que forman parte de la dotación de los emplazamientos.

En combinación con los sistemas anticaídas instalados será indispensable el uso de otro accesorio alternativo para garantizar la sujeción del operario en situaciones concretas como pueden ser los posicionamientos para trabajar a media altura, operación de rebasar la posición de otro operario, etc.

Cuando para realizar los diferentes trabajos, sea necesario soltarse del sistema anticaídas, previamente y, con objeto de que en todo momento el operario esté sujeto a un punto de anclaje fijo, el trabajador se sujetará mediante el accesorio alternativo, permitiendo así, un reparto adecuado de las cargas. Al mismo tiempo, aunque no sea necesario soltarse del sistema anticaídas, se hará uso del accesorio anticaídas alternativo, con objeto de que el trabajador esté sujeto en varios puntos, aumentando la seguridad.

Todos los trabajos que impliquen riesgo de caída a distinto nivel deberán ser realizados por personal cualificado y autorizado.

Los trabajos en torres o mástiles se realizaran por un equipo mínimo de dos personas. Es obligatorio que la persona que se quede a pie de la torre o del mástil, utilice el casco y se mantenga a distancia prudencial para evitar que le puedan caer objetos.



Si el ascenso lo hacen dos personas al mismo tiempo, se debe mantener una distancia de seguridad de más de tres metros, de forma que la posible caída del primero no afecte al segundo.

Es obligatorio la utilización del sistema anticaídas, siempre que la línea de vida esté instalada. Únicamente, cuando la línea de vida existente, no permita el ascenso, el operario ascenderá y bajará por medio de un sistema alternativo. El anclaje se realizará a puntos sólidos de la estructura y siempre por encima de la cabeza para tener una garantía perfecta de seguridad y minimizar el factor de caída.

Se deberán equipar con los EPI'S adecuados y verificar el buen estado del equipo anticaídas. El equipo mínimo indispensable para realizar desplazamientos verticales consiste en el ascensor/descensor, usado de forma combinada con otro anticaídas, además del casco.

En el caso de detectar alguna irregularidad en el sistema anticaídas no se utilizará bajo ningún concepto.

#### 9.3.2.8.2 Sistema Papillón

El sistema Papillón es una línea de vida de tipo flexible diseñada conforme a la norma EN-352-2, que garantiza la seguridad frente al riesgo de caída en altura durante los desplazamientos verticales.

El anticaídas Papillón evita el riesgo de caída en altura durante los desplazamientos, así mismo sirve como equipo de fijación en posición de trabajo para aquellas tareas que se tengan que realizar a media altura, gracias a la posibilidad de bloqueo del anticaídas sobre el cable flexible que facilita el acceso a casi cualquier punto de la estructura.

Es un aparato reversible automáticamente, es decir, que el usuario no puede equivocarse de sentido cuando lo coloca sobre el cable, funciona tanto para subir como para bajar: Dispone de doble seguridad cuando se cierra, facilitado por la colocación del mosquetón. Permite que el usuario deje el aparato en posición de reposo a cualquier altura (para acometer un trabajo alejado del fuste de la torre). En caso de caída, el



anticaídas Papillón no altera el cable, por tanto no habrá que sustituirlo, pero sí que revisarlo, y así tendrá una larga vida útil.

A la vista de estas ventajas es inexcusable el uso del anticaídas Papillón para desplazamientos verticales y queda terminantemente prohibido el empleo de otros anticaídas que deterioran el cable.

El cable de vida está sujeto a lo largo de la escalera, o de forma genérica a la estructura, con unas piezas intermedias de sujeción de las que deben ir sacando el cable a medida que se asciende. Cuando se desciende se debe ir introduciendo el cable en las piezas intermedias de sujeción para evitar golpes o roces contra la estructura por la acción del viento, y así prolongar su vida útil.

#### 9.3.2.8.3 Desplazamientos horizontales

Un desplazamiento horizontal por norma general es consecuencia de otro desplazamiento vertical.

Paso previo para la realización de un desplazamiento horizontal será soltarse del anticaídas que está instalado a la línea de vida instalada en el emplazamiento. Para soltarse, previamente, el trabajador se habrá amarrado a un punto fijo de modo que en todo momento permanezca sujeto.

Se utilizará un sistema anticaídas que permita movilidad para trabajar, que se usará amarrándolo a un punto sólido de la estructura, de manera que permanezca siempre anclado durante los movimientos.

Siempre que se pueda, es recomendable el amarre a dos puntos preferentemente por encima de la cabeza. Una vez realizado el trabajo se recomienda volver recorriendo el camino en sentido inverso.

Al terminar el trabajo realizar una inspección ocular del equipo antes de guardarlo, notificando cualquier anomalía que pueda surgir.



## Equipos de protección individual

- ✓ Casco
- ✓ Guantes
- ✓ Ropa de protección
- ✓ Sistema anticaídas
- ✓ Cuerdas
- ✓ Cabos
- ✓ Arnés y cinturón de seguridad

### 9.3.2.8.4 Formación para trabajar en alturas

De la lectura de los apartados anteriores se desprende que el trabajo en altura requiere el conocimiento de la técnica para realizar los distintos desplazamientos y/o ubicación en posición de trabajo así como disponer de equipo anticaídas en perfecto estado de mantenimiento.

Por estos motivos los trabajadores propios que realicen trabajos en altura deberán recibir la correspondiente formación e información por entidad acreditada para impartirla.

### 9.3.2.8.5 Reconocimiento médico específico de alturas

Los operarios que realicen trabajos en alturas deberán haber pasado un reconocimiento médico específico donde se determine médicamente que el operario es apto para trabajar en alturas y no sufre de vértigo, mareos o cualquier otra patología que le impida realizar trabajos en altura.

Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015



Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015

Fdo. Víctor Quintana Suárez

Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en Sonido e Imagen

Colegiado N°: 123456

# Pliego de condiciones

**Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





## **10 Pliego de condiciones**

### **10.1 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.

### **10.2 Características técnicas genéricas y completas del equipamiento**

#### **10.2.1 Características del equipo transmisor**

Como se ha indicado anteriormente en las características de diseño del equipo transmisor, apartado 7.4 de la Memoria, nuestro sistema estará dispuesto en dos rack con formato 19" y de 5U de altura. Cada uno de ellos estará provisto de dos fuentes de alimentación funcionando en configuración 1+1, con lo que obtendremos redundancia de suministro de alimentación para todos los módulos de nuestro conjunto.



El rack superior estará compuesto por:

- Cuatro módulos Gap-filler MOD RF-RF 1W DEEC CS 1W, con cancelador de ecos DEEC (Referencia 85203002)
- Un módulo Demultiplexor activo MOD ACTIVE DEMUX (Referencia 858120)
- Dos módulos de alimentación MOD PSU CS Power Supply Unit (Referencia 858011)

El rack inferior estará compuesto por:

- Tres módulos Gap-filler MOD RF-RF 1W DEEC CS 1W, con cancelador de ecos DEEC (Referencia 85203002)
- Un módulo Demultiplexor activo MOD ACTIVE DEMUX (Referencia 858120)
- Un módulo de supervisión y mantenimiento MOD MGMT CS Management module, including TRedess Web Server Management, DVB-T/H receiver, alarms, battery MGMT (Referencia 858142)
- Un módulo GSM asociado al módulo de supervisión OPT GSM/GPRS CS Option GSM/GPRS interface (Referencia 858145)
- Dos módulos de alimentación MOD PSU CS Power Supply Unit (Referencia 858011)

Un ejemplo de dos configuraciones tipo pueden ser las siguientes:



Ilustración 42: Ejemplo de configuración con 6 múltiplex y alimentación redundante



Ilustración 43: Ejemplo de configuración con 6 múltiplex y módulo de gestión remoto

Las características de este equipamiento y las razones de su elección son:

- Alto nivel de integración: Hasta 7 canales en un rack de 5U.
- Módulos de hasta 10W de potencia.
- Compatibilidad con DVB-T/T2.
- Opción entre dos modos de cancelación de ecos.
- Configuración SFN y MFN.
- Sistema de sincronización para red SFN (GPS).
- Sistema redundante N+1, 1+1.
- Redundancia de fuente de alimentación opcional.
- Sistema de control y monitorización remoto.
- Módulos con posibilidad Hot-Swap.
- Agilidad de configuración de frecuencias.
- Muy bajos consumos.
- Muy bajo ruido de fase de osciladores locales.
- Amplificadores LDMOS.
- Modo de operación independiente.
- Compatibilidad electromagnética y seguridad de acuerdo a las normas CE.



Denomination	MOD RF-RF 1W CS	MOD RF-RF 5W CS	MOD RF-RF 10W CS
<b>Technical specifications</b>			
<b>RF Input</b>			
Frequency range	1 UHF 8 MHz channel		
Input signal range	-70 to -20 dBm		
Noise figure	≤ 8 dB		
Return losses	≥ 15 dB		
Image frequency rejection	≥ 65 dB		
Adjacent channel rejection	≥ 80 dB		
Impedance	50 Ω		
Connector	BNC Female		
<b>DAE (Digital Adaptive Equalizer)</b>			
Gain Margin (signal - echo)	-10 dB		
Cancellation window	0 - 8 μs		
Output power adaptive regulation	Yes		
<b>DEEC (Doppler Enhanced Echo Canceller)</b>			
Gain Margin (signal - echo)	-24 dB		
Cancellation window	3 configurable cancellation windows. Selective cancellation up to 37,6 μs.		
Doppler cancellation	Yes		
<b>External synchronization input</b>			
Frequency	10 MHz		
Input level range	-20 to +10 dBm		
Connector	BNC Female		
<b>Local oscillators</b>			
Phase noise	> 95 dBc/Hz @ 1 KHz (MFN mode). Negligible in SFN mode.		
Frequency stability with temperature (-10 to 60°C) (without external GPS input)	± 1 x 10e-6		
Frequency stability for a year (without external GPS input)	± 1 x 10e-6		
<b>RF output</b>			
Frequency range	1 UHF 8 MHz channel		
Maximum output power [W]	1,26W	7W	14W
Maximum output power [dBm]	31 dBm	38,5 dBm	41,5 dBm
Distance to the shoulders	>38 dB		
Power stability	< ± 0,5 dB		
Return losses	>20 dB		
Spurious emissions out of channel (without Filter)	<-60 dBc		
Impedance	50 Ω		
Connector	BNC Female		N Female
<b>RF test output</b>			
Coupling	27 ± 3 dB	38 ± 3 dB	38 ± 3 dB
Connector	BNC Female		
<b>General</b>			
Control and monitoring interfaces & protocols	Ethernet, Relays - IP, HTTP, FTP, GSM/GPRS, UMTS/HSDPA, SNMP		
Input voltage range	220 Vac ± 15%		
DC Power Consumption *	23W	65W	85W
Operating temperature range	0 to 45°C		
Relative humidity	< 95% @ 40°C, non condensing		
Power factor (Power supply)	0,99		
Dimensions [width x height x depth]	Up to 7 (1W and 5W) or up to 5 (10W) transmitters in 19" x 5HU x 250mm		
Cooling	Active (forced ventilation)		
<b>Directives &amp; standards</b>			
R&TTE	1999/5/EC, EN 301489-1, EN 301489-14, EN 60950, EN 60215:1989+A1:92+A2:94, EN 61000-3-2: 2006 + A1 + A2, EN 61000-3-3: 2008, EN 302 296-2, 1999/519/EC		
RoHS	2011/65/EU		
Standards	EN 300744, EN 302304, EN 302755, TS 101191, EN 50083-9, TR 101290, AC 106		

\* DC Power Consumption is specified at the Maximum Output Power transmitted for every power range.

Ilustración 44: Características técnicas del equipo Gap-Filler



### 10.2.2 Características del cancelador de ecos

El equipo transmisor utilizado en el proyecto cuenta con un cancelador de ecos integrado, cuyas características están indicadas en el apartado anterior. El cancelador de ecos elegido es el DEEC (Doppler Enhanced Echo Canceller), que nos proporciona hasta 24 dB de atenuación adicional frente a las señales provenientes de nuestra propia transmisión.

### 10.2.3 Características del demultiplexor

Para distribuir la señal de los múltiplex recibidos hacia los módulos Gap-Filler debemos separar cada canal y entregarlo con unos niveles y garantías de calidad suficiente para el posterior tratamiento de reemisión. Para ello se emplean los dos demultiplexores activos que se han indicado en la configuración del sistema.

La señal de cada una de las antenas receptoras llegará a cada uno de estos módulos que separarán los canales requeridos, ofreciéndolos por las salidas con conector tipo BNC disponibles en el frontal. De ahí se llevará a cada módulo Gap-Filler correspondiente.

#### ACTIVE DEMULTIPLEXER

Reference	858120
Denomination	MOD ACTIVE DEMUX
Frequency range	470 – 862 MHz
Impedance	50 Ohm
Inputs	1
Outputs	8
Gain margin (per output)	9.5 +/- 1 dB
Band oscillation	< 1.5 dB
Attenuation @ 100 MHz	> 65 dB
Attenuation @ 950 MHz	> 20 dB
Noise figure	< 5 dB
IP3 output	+20 dBm
Input return losses	> 13 dB (15 dB typ)
Output return losses	>18 dB
Outputs isolation	>25dB
Input connector	BNC
Output connector	BNC
Power supply	13.5V / 110mA (two inputs)



Ilustración 45: Hoja técnica del demultiplexor activo Tredess Ref. 858120



### 10.2.4 Características del multiplexor

Con ellos se consiguen las distintas configuraciones de salida hacia los sistemas radiantes de transmisión, según las necesidades de cada caso. En nuestra configuración concentraremos 4 múltiplex en un tetraplexor y los otros 3 en un triplexor. Las dos salidas se conectarán a un panel de trasmisión cada una, con lo que tendremos nuestro sistema radiante configurado.

#### MULTIPLEXER FILTERS

References	858507	858508	858509	858510	858511	858512
Denomination	MONOPLEXER	DIPLEXER	TRIPLEXER	TETRAPLEXER	DOUBLE DIPLEXER	PENTAPLEXER
Frequency range	470 - 862 MHz					
Inpedance	50 Ohm					
Number of resonants	3					
Input/output return losses	> 20 dB					
Bandwidth	1 TV Channel (CCIR 8 MHz)					
Insertion losses	1 dB					
Maximum input power	10 W DVB-T / 50 W analog					
Channel N±3 rejection	> 30 dB					
Number of Inputs	1	2	3	4	4	5
Input connectors	BNC Female					
Output connector	Type N Female					
Size	19" x 2HU x 250mm					19" x 3HU x 250mm



Ilustración 46: Hoja técnica de los multiplexores Tredess Ref. 858509 y 858510

### 10.2.5 Características del módulo de supervisión y mantenimiento

Con el objeto de disponer de información en tiempo real del estado del sistema, alarmas, niveles de funcionamiento, calidad de la señal emitida, etc, se ha integrado en nuestro equipamiento un módulo de gestión que nos dará información y control sobre el resto de unidades.



Las características de este módulo son las siguientes:

- Solución altamente integrada que permite el control remoto y monitoreo a través de múltiples interfaces disponibles y en una sola unidad
- Se apoya en protocolos HTTP, SNMP, PPTP, IPSec y TCP – IP
- Incluye alarmas / relés y un receptor DVB –T para análisis de la calidad de la señal transmitida.
- Opcionalmente se puede añadir un módulo GPRS / UMTS / HSDPA módem GSM

**TRedess REMOTE MANAGEMENT**  
**COMPACT SERIES** | Technical specifications

Denomination	MOD MGMT CS
<b>Management</b>	
Interfaces	Ethernet 10/100 Mbps - USB 2.0 compatible
Protocols	IPv4, DHCP, NTP, HTTP, SNMPv1/v2c
Supported	IPv6, FTP, SSH
<b>DVB-T Receiver</b>	
Input frequency	1 UHF 6, 7 or 8 MHz channel
Noise figure	≤6dB
Lock margin	±500KHz
Freq image rejection	≥65dB
Input level	-40 to +15dBm
Standard	ETS300744
<b>Relays</b>	
External alarm inputs	5 Optocouplers
Input-Output isolation	5000V
Response	5µs
Number of outputs	5 Free potential contact relays
<b>GSM/UMTS Modem (Optional)</b>	
Features	HSDPA 7.2Mbps UMTS/HSDPA 2100MHz EGSM Quad-band GPRS multi-slot class 12 EDGE multi-slot class 12
Frequency bands	EGSM 850/900/1800/1900MHz UMTS 2100MHz
Output power	Class 4 (2W, 33dBm) @ GSM 850/900 Class 1 (1W, 30dBm) @ GSM 1800/1900 Class 3 (0.25W, 24dBm) @ UMTS Class E2 (0.5W, 27dBm) @ EDGE 850/900 Class E2 (0.4W, 26dBm) @ EDGE 1800/1900
Sensitivity	-107dBm @ GSM 850/900 MHz -106dBm @ DCS1800 / PCS1900 MHz -108,2 dBm @ WCDMA 2100 MHz
<b>General</b>	
Input voltage range	220 Vac ± 15%
DC Power Consumption	Management: 2,7W Management + modem (@worst network conditions): 5,5W Management + charging battery (maximum): 13,5W
Operating temperature range	0 to 45°C
Relative humidity	< 95% @ 40°C, non condensing
Power factor	0,99



Ilustración 47: Hoja técnica del módulo de gestión Tredess Ref. 858142



### **10.2.6 Características del módulo GSM**

Como ya hemos comentado en las características del módulo de Gestión, este módulo es una opción añadida con la que tendremos acceso remoto al mismo vía conexión GSM, no teniendo que desplazarse hasta la estación para confirmar o simplemente verificar el funcionamiento del sistema.

Esta opción mejora considerablemente nuestra instalación, ya que los tiempos de respuesta frente a una avería se reducen enormemente al tener información en tiempo real y poder analizar y acotar la avería antes de desplazar al personal técnico con el repuesto que sea necesario.

### **10.2.7 Características de la antena receptora**

Para el sistema receptor se han elegido dos antenas con características muy directivas, con lo que minimizamos la influencia de la señal transmitida por nuestra propia estación aumentando el aislamiento.

Las antenas se instalarán en un soporte galvanizado que se ubicará en el lado noroeste de la caseta, para aislarlas de los efectos de los paneles transmisores, e irán orientadas hacia la estación primaria de Pozo de Las Nieves será de 30° respecto al norte.

Las características de los modelos de antenas elegidos son:

- Antena yagui de alta ganancia y directividad. El dipolo se fabrica en una sola pieza de aluminio mecanizado evitando malos contactos entre segmentos.
- Cuatro modelos cubren la totalidad de las bandas IV y V.

Para nuestra instalación se seleccionan las antenas con referencias 857011 y 857012, con lo que cubrimos la banda necesaria para recibir los múltiplex a reemitir (22 al 43).



RECEPTION ANTENNAS

Denomination	YAGI
Gain	17 dBi
Bandwith	470 - 862 MHz
Front to Back Ratio	$\geq 25$ dB
Impedance	50 $\Omega$
VSWR	$< 1.5 : 1$ dB
Power	100 W
Polarization	Linear (Horizontal or Vertical)
H Beamwidth	30°
V Beamwidth	30°
Wind Speed	200 km/h
Wind load	800 N (front) - 1100 N (side)
Materials	Dipoles in aluminium Radome in polyester
Dimensions	2000 x 565 x 495 mm
Weight	7 kg
Connector	N Female



Reference	Frequency (MHz)
857011	470 - 566
857012	566 - 654
857013	654 - 734
857014	734 - 862

Ilustración 48: Características técnicas de antena receptora

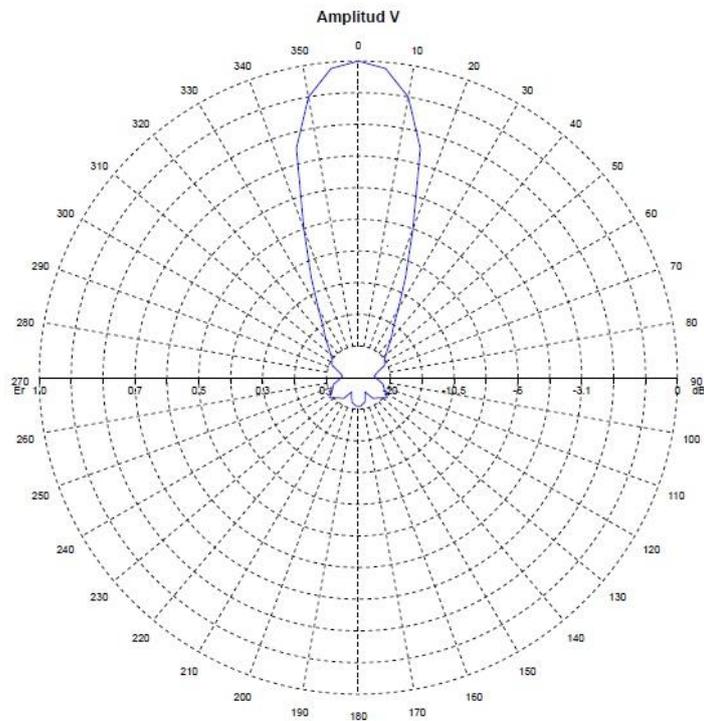


Ilustración 49: Diagrama de radiación de horizontal de antena receptora

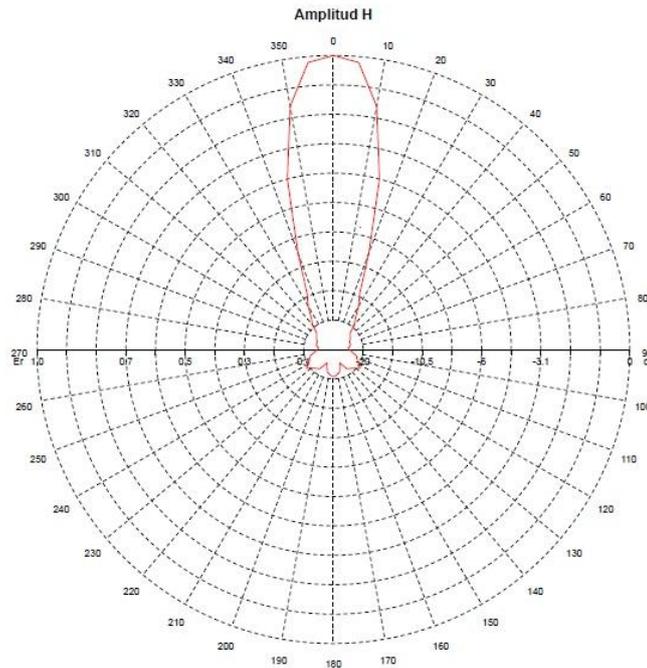


Ilustración 50: Diagrama de radiación de vertical de antena receptora

### 10.2.8 Características del panel emisor

En la parte de transmisión de la estación se instalarán dos paneles en la torre a una altura de 6 metros y orientados a  $135^\circ$  con respecto al norte. Nos permitirán cubrir toda la zona a la que pretendemos dar cobertura, ya que la directividad de los mismos, con  $60^\circ$  de ancho de haz horizontal y  $26^\circ$  vertical extiende la señal por todas las poblaciones objeto de este proyecto. La directividad de los paneles nos ofrece además un aumento del aislamiento del sistema para evitar la realimentación de las señales transmitidas en nuestro propio receptor.

Los paneles tendrán un Tilt negativo de  $8^\circ$ , en dirección al suelo con respecto a la horizontal, para aprovechar y dirigir el punto máximo del lóbulo de radiación hacia las zonas a cubrir.

Las características de las antenas transmisoras son:

- Antena de tipo panel para la retransmisión de señales TV UHF de hasta 1KW de potencia.



**Pliego de condiciones**

- Es una antena formada por 4 dipolos de onda completa con panel reflectante y radomizada.
- Carcasa protectora de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

**TRANSMISSION PANELS**

Reference	857025	857031
Denomination	PANEL PH	PANEL PV
Gain	13 dBi	
Bandwith	470 - 862 MHz	
Front-to-back ratio	> 18 dB	
Impedance	50 Ω	
VSWR	< 1.1 : 1	
Max. input power	400 W (N conn.) - 1000 W (DIN 7/16 conn.)	
Polarization	Horizontal	Vertical
H Beamwidth	60°	
V Beamwidth	26°	
Wind speed	180 km/h	
Wind load	1000 N (front) - 350 N (side)	
Materials	Dipoles in aluminium - Radome in fiber glass	
Temperature	-40°C to +70°C	
Dimensions	990 x 490 x 190 mm	
Weight	12 kg	
Connector	N Female or DIN 7/16 Female	



Ilustración 51: Hoja técnica del panel emisor Tredess Ref. 857025

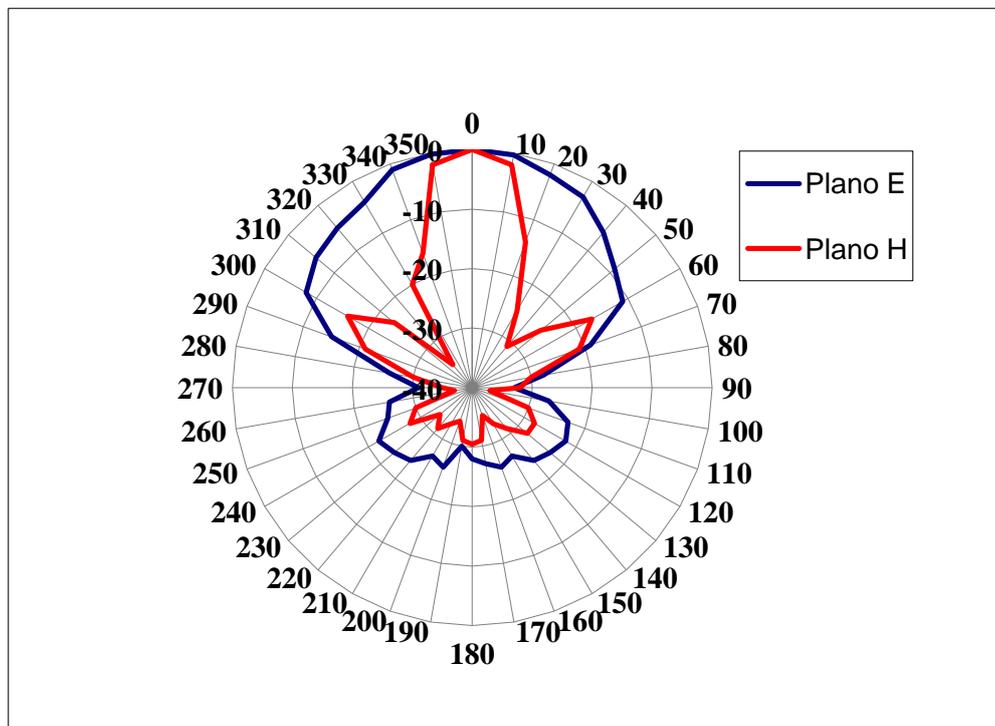


Ilustración 52: Diagrama de radiación de antena transmisora

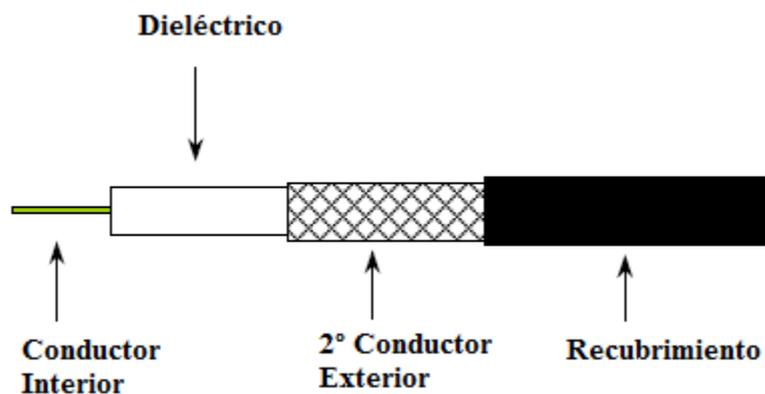


### 10.2.9 Características de los cables, conectores y latiguillos

Los sistemas radiantes irán conectados a los equipos interiores por medio de cables de RF de 50 Ω, en la parte receptora desde las antenas directivas hasta la entrada de cables del armario con cable RG213/U y conectores tipo N. La distancia de este recorrido es de aproximadamente 12 metros teniendo en cuenta el acceso por pasamuro a la caseta y las curvas empleadas para respetar los radios de curvatura del cable.

Para la parte transmisora se empleará un cable de ½” Cellflex ya que la distancia es mayor, de unos 25 metros desde el interior de la caseta y por canalización subterránea hasta la torre donde se encuentran los paneles. La terminación del conexionado también se realiza con conectores tipo N.

Cable Amphenol TFC RG-213/U



#### Cable Ordering Information

Part Number	MI Number	NEC / CSA Listing
RG-213	TU-1625	none

#### Characteristics

Material	Detail	inches	mm
Inner Conductor	Stranded Bare Copper	7/21 AWG	7/0.752
Dielectric	Solid Polyethylene	0.285	7.24
1 <sup>st</sup> Outer Conductor	---	---	---
2 <sup>nd</sup> Outer Conductor	97% Bare Copper Braid	0.313	7.95
3 <sup>rd</sup> Outer Conductor	---	---	---
4 <sup>th</sup> Outer Conductor	---	---	---
Floodant	---	---	---
Jacket	Black PVC	0.406	10.30
Twisted Pairs	---	---	---
Messenger	---	---	---

#### Mechanical Specifications

Minimum Bend Radius, in. (mm)		2.43	61.80
Product Weight	(less reel)	116.5 lbs /kft	163 kg/km



Electrical Specifications		
Characteristic Impedance, $\Omega$	50 $\pm$ 3	
Velocity of Propagation, %	66	
Capacitance, Nominal	30.48 pF/ft	100 pF/m
DC Resistance	$\Omega$ / kft	$\Omega$ / km
Inner Conductor	1.67	5.48
Outer Conductor	1.27	4.15
Loop	2.94	9.63

Attenuation, Maximum @ 68 °F (20 °C)		
Frequency, MHz	dB / 100 ft	dB / 100 m
10	0.55	1.80
50	1.31	4.30
100	1.89	6.20
200	2.71	8.90
400	4.08	13.40
700	6.49	21.30
900	7.59	24.90
1000	7.99	26.20

Ilustración 53: Hoja técnica del cable Amphenol TFC RG-213/U



### 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 Nm 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.

Ilustración 54: Hoja técnica de los conectores Tredess Ref. 857303 y 857301



Pliego de condiciones



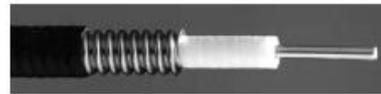
### Latiguillos

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- RG214 Nm	BNCm ACOD- RG214 Nm	Nm ACOD- 1/2" Nm
Longitud	200 cm							

Ilustración 55: Hoja técnica de los latiguillos Tredess Ref. 857201

## CELLFLEX® Cable

### SCF12-50 Series 1/2" Superflexible Foam Coax



#### APPLICATIONS

OEM jumpers, Main feed transitions to equipment, GPS lines, Riser-rated In-Building (JFN types)

#### GENERAL INFORMATION

Cable Type Foam-Dielectric, Superflexible  
Size 1/2"

#### STRUCTURE

Inner Conductor Material Copper-Clad Aluminum Wire  
Diameter Inner Conductor, mm (in) 3.6 (0.14)  
Diameter Dielectric, mm (in) 8.3 (0.33)  
Outer Conductor Material Corrugated Copper  
Diameter Copper Outer Conductor, mm (in) 12.3 (0.48)  
Diameter over Jacket Nominal, mm (in) 13.7 (0.54)

#### MECHANICAL SPECIFICATIONS

Cable Weight, kg/m (lb/ft) 0.21 (0.14)  
Minimum Bending Radius, 32 (1.25)  
Repeated Bends, mm (in)  
Bending Moment, N•m (lb-ft) 1.8 (1.3)  
Flat Plate Crush Strength, N/mm (lb/in) 20.4 (110)  
Tensile Strength, N (lb) 650 (146)  
Recommended / Maximum Clamp Spacing, m (ft) 0.30 / 0.30 (1.00 / 1.00)

#### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Impedance, ohm 50 +/- 1  
Velocity, percent 82  
Capacitance, pF/m (pF/ft) 82.0 (25.0)  
Inductance, µH/m (µH/ft) 0.207 (0.063)  
Maximum Frequency, GHz 11.7  
Peak Power Rating, kW 20.5  
RF Peak Voltage, volts 1430  
Jacket Spark, volt RMS 5000  
Inner Conductor dc Resistance, ohm/1000 m (ohm/1000 ft) 2.9 (0.88)  
Outer Conductor dc Resistance, ohm/1000 m (ohm/1000 ft) 3.4 (1.04)

#### SCF12-50/JFN ATTENUATION AND AVERAGE POWER

Frequency MHz	Attenuation dB/100 m	Attenuation dB/100 ft.	Average Power kW
0.5	0.229	0.070	20.5
1	0.324	0.099	20.5
1.5	0.397	0.121	20.5
2	0.458	0.140	18.8
10	1.03	0.314	8.37
20	1.46	0.446	5.90
30	1.80	0.548	4.80
50	2.33	0.710	3.70
88	3.11	0.949	2.77
100	3.33	1.01	2.59
108	3.46	1.05	2.49
150	4.10	1.25	2.10
174	4.43	1.35	1.95
200	4.76	1.45	1.81
300	5.89	1.79	1.47
400	6.85	2.09	1.26
450	7.29	2.22	1.18
500	7.71	2.35	1.12
512	7.81	2.38	1.10
600	8.50	2.59	1.01
700	9.23	2.81	0.934
800	9.92	3.02	0.869
824	10.1	3.07	0.855
894	10.5	3.21	0.818
900	10.6	3.22	0.816
925	10.7	3.27	0.803
960	11.0	3.34	0.787
1000	11.2	3.41	0.770
1250	12.7	3.86	0.682
1500	14.0	4.26	0.616
1700	15.0	4.57	0.575
1800	15.5	4.72	0.557
2000	16.4	5.01	0.525
2100	16.9	5.15	0.511
2200	17.3	5.28	0.498
2400	18.2	5.55	0.474
3000	20.7	6.30	0.417
3500	22.6	6.88	0.382
4000	24.4	7.44	0.353
5000	27.8	8.48	0.310
6000	31.0	9.44	0.278
7000	34.0	10.4	0.254
8000	36.8	11.2	0.234
9000	39.6	12.1	0.218
10000	42.3	12.9	0.204
11700	46.6	14.2	0.185

Standard Conditions:

For attenuation: VSWR 1.0, ambient temperature 20° C (68° F).  
For average power: VSWR 1.0, ambient temperature 40° C (104° F), inner conductor temperature 100° C (212° F). No solar loading.

Ilustración 56: Características del cable RF Cellflex 1/2"



## **10.2.10 Características de la torre de soporte de antenas**

La torre que soportará los paneles transmisores de nuestro proyecto está ya instalada en el emplazamiento junto a la caseta donde se ubicarán los equipos. Se trata de una torreta autoportada de 7,5 metros de altura, con una canalización subterránea que la une a la caseta y a unos 15 metros de separación.

### ***10.2.10.1 Señalización***

Los tramos deberán pintarse alternativamente en colores blanco y rojo aeronáuticos, siendo de este último color los extremos, con el fin de ser fácilmente distinguidos durante el día y de acuerdo con las normas de la O.A.C.I. (Organización Internacional de Aviación Civil).

### ***10.2.10.2 Mantenimiento***

A efectos de proteger la torreta contra la corrosión, los materiales que la componen son sometidos a un tratamiento superficial a base de cincado electrolítico en nuestra factoría, sin embargo para garantizar una protección elevada y una larga duración, conviene aplicar un revestimiento a base de pintura.

Actualmente, se considera que la mejor protección es la que se obtiene aplicando una primera capa que actúe como protección química como, por ejemplo, pintura al cromato de Zinc, y una segunda capa de acabado para asegurar una buena protección mecánica como, por ejemplo, una pintura sintética epoxídica ó poliuretánica. Cada capa puede constar de varias manos.

Se recomienda revisar la instalación al menos una vez al año.



### 10.2.11 Armario de interior para el alojamiento de los equipos

Para poder ubicar todo el equipamiento con garantías, se ha elegido un armario modelo TRedess Ref. 877105 de 33U de altura y dimensiones de 1600x600x600 mm, lo que nos proporcionará espacio suficiente para todo el equipamiento y dejará unidades libres para posibles ampliaciones futuras.

Algunas de las características son las siguientes:

- Su construcción en acero le otorga gran robustez y calidad.
- Especialmente diseñados para su uso en equipamiento de telecomunicaciones.
- Disponibles con fondos de 600 mm.
- Acceso total a los equipos, laterales y puertas traseras de fácil apertura.
- Punto de toma de tierra.
- Diferentes opciones para las entradas de cable.



INDOOR CABINETS | REFERENCES AND SPECIFICATIONS

References	857108	857106	857105	857104
Denomination	RACK INDOOR 42H	RACK INDOOR 38H	RACK INDOOR 33H	RACK INDOOR 24H
Material	Metal	Metal	Metal	Metal
Color	RAL 7035	RAL 7035	RAL 7035	RAL 7035
Key	Included	Included	Included	Included
Venting kit	Included	Included	Included	Included
Thermostat	Included	Included	Included	Included
Electrical connection kit	Included	Included	Included	Included
Size (HU)	42 HU	38 HU	33 HU	24 HU
Size (HxWxD)	2000x600x600 mm	1800x600x600 mm	1600x600x600 mm	1200x600x600 mm
Extras	Nozzle with connector (H:120mm) - Wheels (H:100mm)			
Weight	93 kg	83 kg	68 kg	54 kg
Frontal door	Transparent	Transparent	Transparent	Transparent
Regulable base	Included	Included	Included	Included

Ilustración 57: Hoja técnica de los armarios para el alojamiento de los equipos



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:

#### **10.2.12.1 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”.



### ***Pliego de condiciones***

- 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 UIT:

- 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.526-8, “Propagación por difracción”.
- UIT-R BT.655-7, “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.1546-1, “Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz”.
- UIT-R BT.1368-6, “Criterios para la planificación de servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas”
- UIT-R BT.798-1, “Radiodifusión terrenal de TV digital en las bandas de ondas métricas y decimétricas”
- UIT-R BT.1125, “Objetivos básicos para la planificación y realización de sistemas de radiodifusión terrenal de televisión digital”

### ***10.2.12.2 Legislación***



### ***Pliego de condiciones***

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



### ***Pliego de condiciones***

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.



***Pliego de condiciones***

- 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.



Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015

Fdo. Víctor Quintana Suárez

Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en Sonido e Imagen  
Colegiado N°: 123456



# Presupuesto

---

**Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





UD.	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
<b>EQUIPO TRANSMISOR</b>			
1	Gap-Filler 7 múltiplex TDT marca TRedess. Este equipo consta de dos sistemas transmisores de tres múltiplex cada uno y uno adicional de un múltiplex. Formado por dos chasis, cuatro fuentes de alimentación y control preparada para redundancia, siete tarjetas de RF, siete canceladores de ecos, un tetraplexor y un triplexor filtro de salida de 3 cavidades, dos soportes. Todo ello viene completamente montado de fábrica en armario rack de 19" de 33 U con puerta y accesorios de montaje	37.898,87	37.898,87
1	Armario de interior rack 19" 33U con accesorios Ref. 877105	3.283,50	3.283,50
<b>TOTAL EQUIPO TRANSMISOR</b>			<b>41.182,37 €</b>
<b>SISTEMA RADIANTE</b>			
2	Antena emisión C21-C69. Tipo panel Tredess Ref. 857025, doble amarre a mástil con diámetro entre 25 y 50mm. Impedancia 50 Ohmios. Conexión tipo N-1/2"	424,33	848,66
25	Metros de cable coaxial PVC negro 1/2" (7.29 dB/400 MHz y 9,92 dB/800 MHz)	5,70	142,50
4	Conectores N h-1/2"	19,00	76,00
4	Metros de cable coaxial cubierta exterior PVC negro RG213/U	1,27	5,08
4	Conectores N-RG213	7,22	28,88
<b>TOTAL SISTEMA RADIANTE</b>			<b>1.101,12 €</b>
<b>SISTEMA RECEPTOR</b>			
1	Antena Yagi Tredess Ref. 857011 (470 – 566 MHz) con refuerzo Acero Inox UHF G=17 dBi	540,48	540,48
1	Antena Yagi Tredess Ref. 857012 (566 - 654 MHz) con refuerzo Acero Inox UHF G=17 dBi	540,48	540,48
24	Metros de cable coaxial cubierta exterior PVC negro RG213/U	1,27	30,48



**Presupuesto**

<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
4	Conectores N-RG213	7,22	28,88
	<b>TOTAL SISTEMA RECEPTOR</b>		<b>1.140,32 €</b>
	<b>MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE EQUIPO TRANSMISOR, SISTEMA RADIANTE Y RECEPTOR, REPLANTEO Y PUESTA EN MARCHA</b>		
1	Mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha	2.538,00	2.538,00
	<b>TOTAL MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE EQUIPO TRANSMISOR, SISTEMA RADIANTE Y RECEPTOR, REPLANTEO Y PUESTA EN MARCHA</b>		<b>2.538,00 €</b>
	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>		
1	Ud. Suministro de cuadro de 220Vca compuesto por: cuadro eléctrico de sobrepone de 18 módulos con puerta más ICP, Protecciones contra sobretensión, 1 IGA de 15A, 1 interruptor magnetotérmico de 25A, 1 diferencial Rearmable de 40A/30mA, 2 automáticos de 2x16A y 1 automático de 2x10A	372,85	372,85
1	Ud. Suministro de estabilizador de tensión	285,00	285,00
1	Ud. Suministro de Sistema de ventilación forzada mediante sensor de temperatura instalado	190,00	190,00
1	Ud. Suministro de arqueta de registro para instalaciones de puesta a tierra de gran resistencia fabricada en polipropileno.	23,33	23,33
1	Ud. Suministro de pica de cobre de 1,5 mts de longitud, incluso perrillo de fijación pica - cable	21,27	21,27
18	MI. Cable cobre desnudo 35 mm <sup>2</sup> , incluso p.p. de pequeño material y accesorios de fijación para llegar incluso a conexión con pica de tierra de pararrayos.	3,50	63,00
1	Ud. Instalación de cuadro eléctrico y red de tierras. Totalmente montado e instalado	352,00	352,00



**Presupuesto**

<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
1	"Línea 1: Equipamiento" Ud. Suministro de alimentación desde nuevo cuadro 220 Vac hasta armario rack 19" realizada con 6 mts de cable Afumex 3x2,5mm <sup>2</sup> RZ1-K (0,6/1 kV) de cobre electrolítico recocido, aislamiento de mezcla de polietileno reticulado (XLPE), cubierta de mezcla especial cero halógenos tipo afumex Z1.	8,28	8,28
1	"Línea 1: Equipamiento" Ud. Instalación de alimentación desde nuevo cuadro 220 Vac hasta armario rack 19" realizada con 6 mts de cable Afumex 3x2,5mm <sup>2</sup> RZ1-K (0,6/1 kV). Totalmente montado e instalado	9,07	9,07
1	"Línea 2: Enchufes" Ud. Suministro de alimentación desde nuevo cuadro 220 Vac hasta armario rack 19" realizada con 5 mts de cable Afumex 3x2,5mm <sup>2</sup> RZ1-K (0,6/1 kV) de cobre electrolítico recocido, aislamiento de mezcla de polietileno reticulado (XLPE), cubierta de mezcla especial cero halógenos tipo afumex Z1.	6,90	6,90
1	"Línea 2: Enchufes" Ud. Instalación de alimentación desde nuevo cuadro 220 Vac hasta armario rack 19" realizada con 5 mts de cable Afumex 3x2,5mm <sup>2</sup> RZ1-K (0,6/1 kV). Totalmente montado e instalado	7,56	7,56
1	"Línea 3: Alumbrado" Ud. Suministro de alimentación desde nuevo cuadro 220 Vac hasta armario rack 19" realizada con 10 mts de cable Afumex 3x1,5mm <sup>2</sup> RZ1-K (0,6/1 kV) de cobre electrolítico recocido, aislamiento de mezcla de polietileno reticulado (XLPE), cubierta de mezcla especial cero halógenos tipo afumex Z1.	13,80	13,80
1	"Línea 3: Alumbrado" Ud. Instalación de alimentación desde nuevo cuadro 220 Vac hasta armario rack 19" realizada con 10 mts de cable Afumex 3x1,5mm <sup>2</sup> RZ1-K (0,6/1 kV). Totalmente montado e instalado	15,12	15,12
21	Ml. Circuito con tubo PVC rígido o canaleta para conductores de cobre, incluido p./p. de cajas de registro.	8,56	179,76



UD.	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
2	Ud. Base enchufe con toma de tierra lateral realizado en tubo PVC corrugado M 20/gp5 y conductor de cobre unipolar, aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 2,5 mm <sup>2</sup> ., (activo, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe 10/16 A (II+T.T.), sistema "Schuko" de JUNG-A 521, así como marco respectivo, totalmente montado e instalado.	27,97	55,94
2	Ud. Pantalla autónoma de emergencia Permanente para montaje en superficie modelo LM-500-21-P de Luznor, con lámparas fluo 2x8W y flujo de 500 lm. Autonomía >1h. Protección IP65. Batería Ni-Cd estanca H.T. Señalización 1 x LED. Telemandable. Difusor de policarbonato. Clase I. Fabricada según normas UNE EN 60598-2-22 y UNE 20392. Acorde con RBT y CTE-DB-SI. Etiqueta de señalización, replanteo, montaje, pequeño material y conexionado.	134,57	269,14
1	Ud. Regleta de superficie de 2x36 W SYLVANIA con protección IP 20 clase I, cuerpo de chapa de acero de 0,7 mm pintado Epoxi poliéster en horno, anclaje chapa galvanizada con tornillos incorporados o sistema colgado, electrificación con: reactancia, regleta de conexión, portalámparas, cebadores, lámparas fluorescentes trifósforo (alto rendimiento), replanteo, pequeño material y conexionado.	32,69	32,69
1	Ud. Gastos Inspección inicial por OCA (Organismo de Control Autorizado) para instalación de BT de pública concurrencia hasta 80 m <sup>2</sup> construidos y tarifa hasta 20 KW, incluido certificado de entidad inspectora. ITCBT-05.	252,35	252,35
<b>TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>			<b>2.158,06 €</b>
<b>ARRIOSTRADO DE TORRE</b>			
1	Pintado torreta color rojo y blanco cada tramo de 1 mts.	65,46	65,46
3	Varilla M14 para anclaje de riostra. Longitud 380 mm. Anilla Ø48mm	4,85	14,55
3	Placa 200x50 mm de anclaje de riostra	2,28	6,84
1	Bobina de 100 mt de cable de hierro acerado Ø3mm para riostras	33,25	33,25



UD.	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
18	Tensor 1/4". Ajuste longitud 16 a 22 cm.	2,57	46,26
1	Mástil carraqueado L=2,5 m, 35mm Ø, 1,5 mm espesor	13,49	13,49
1	Herrajes y pequeño material	114,00	114,00
1	Trabajos en altura correspondiente a la instalación de sistema de arriostrado de la torre realizado por personal técnico especializado. Totalmente montado e instalado.	457,15	457,15
<b>TOTAL ARRIOSTRADO DE TORRE</b>			<b>751,00 €</b>
<b>SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA FRENTE AL RAYO</b>			
1	<p>Sistema de protección externa frente al rayo constituido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminal aéreo de captación INGESCO PDC mod. 3.1</li> <li>• Pieza de adaptación de cabezal a mástil (1 1/2")</li> <li>• Juego de fijación para mástil anclaje de placa de 15 cm.</li> <li>• Mástil telescópico de 5,8 m de longitud Fe galvanizado (en dos piezas + pieza de unión + 3 tornillos métrica 12)</li> <li>• Vía de chispas 2 manguitos de conexión.</li> <li>• Tubo de protección de Fe galvanizado+3 abrazaderas + tacos y tirafondos.</li> <li>• Manguitos de unión lineal. - Puente de comprobación formado por pletina de cobre sobre aisladores y dos terminales de conexión.</li> <li>• Compuesto mineral QUIBACSOL G.</li> </ul>	2.180,25	2.180,25
1	Suministro e instalación de un sistema electromecánico contador de descargas de rayos Ingesco mod. CDR-1, incluso medidor de picos de corriente PCS.	571,26	571,26
1	Arqueta de registro para instalaciones de puesta a tierra de gran resistencia fabricada en polipropileno.	23,33	23,33
1	Pica de cobre de 1,5 mts de longitud, incluso perrillo de fijación pica - cable	21,27	21,27
12	MI. Cable cobre desnudo 35 mm <sup>2</sup> , incluso p.p. de pequeño material y accesorios de fijación.	3,50	42,00
1	Trabajos de albañilería consistentes en levantamiento de terreno, enterrado de tubo y arqueta, etc. Totalmente montado e instalado	450,00	450,00



*Presupuesto*

<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
1	Trabajos en altura correspondiente a la instalación de sistema de protección externa frente al rayo en torre existente constituido por: terminal aéreo, mástil, piezas de adaptación y fijación, manguitos, puentes de comprobación, contador de descargas, medidor de picos de corriente, arqueta, pica, cable de cobre desnudo, etc. realizado por personal técnico especializado. Totalmente montado e instalado.	1.028,57	1.028,57
1	Ud. Certificado de Inspección de la instalación de pararrayos a través de la Entidad de Inspección núm. 41/EI069, Acreditada por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) en base a los requerimientos establecidos según la exigencia básica SUA:8 del Código Técnico de la Edificación "Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo" y su anejo SUA.B. Para primera instalación.	322,39	322,39
	<b>TOTAL SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA FRENTE AL RAYO</b>		<b>4.639,07 €</b>
<b>SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>			
1	Ud. extintor de polvo ABC con eficacia 21A- 113B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 6 Kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, totalmente instalado según CTE/DB-SI 4. Certificado por AENOR.	45,97	45,97
	<b>TOTAL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>		<b>45,97 €</b>



<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO</b>	
Equipo transmisor	41.182,37
Sistema radiante	1.101,12
Sistema receptor	1.140,32
Mano de obra de instalación, replanteo y puesta en marcha de la instalación	2.538,00
Instalación eléctrica	2.158,06
Arriostrado de torre	751,00
Sistema de protección externa frente al rayo	4.639,07
Sistema de extinción de incendios	45,97
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>53.555,91 €</b>
<b>7% I.G.I.C.</b>	<b>3.748,91 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO CON I.G.I.C.</b>	<b>57.304,82 €</b>

Las Palmas de Gran Canaria a 15 de Junio de 2015

Fdo. Víctor Quintana Suárez

Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en Sonido e Imagen  
Colegiado N°: 123456



# Bibliografía

---

**Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





## **Bibliografía**

- [1] [www.televisiondigital.es](http://www.televisiondigital.es): Consultas de coberturas, información de canales emitidos y especificaciones básicas de receptores.
- [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](http://www.dvb.org): Design open interoperable technical standards for the global delivery of digital media and broadcast services.
- [4] ETSI: [www.etsi.org](http://www.etsi.org): European Telecommunications Standards Institute, produces globally-applicable standards for Information and Communications Technologies (ICT), including fixed, mobile, radio, converged, broadcast and internet technologies.
- [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] Ministerio de Industria, Energía y Turismo: [www.minetur.gob.es](http://www.minetur.gob.es): Plan de canales previstos para TDT y legislación en materia de infraestructuras.
- [11]: RD 842/2002, del 2 de agosto, de aprobación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, modificado en el RD 560/2010, de 7 de mayo.



[12]: Orden ITC/1077/2006, de 6 de abril, de adecuación de recepción para la Televisión Digital Terrestre.

[13]: Orden ITC/1142/2010, de 29 de abril, de desarrollo del Reglamento regulador de la actividad de instalación y mantenimiento de equipos y sistemas de telecomunicación, aprobado por el RD 244/2010, de 5 de marzo.

[14]: Manual de Curso de Televisión Digital Terrestre (TDT). Medidas en cadena de emisión y recepción. Departamento de Señales y Comunicaciones. ULPGC. Las Palmas de G.C. 2009

[15]: Televés ([www.televes.com](http://www.televes.com)). Catálogos de equipos receptores y distribuidores de RTV.

[16]: Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones.

[17]: Ingesco ([www.ingesco.com](http://www.ingesco.com)). Diseño y producción de sistemas y dispositivos para la protección y prevención contra el rayo. Ingesco Software Desing. Herramienta de cálculo para la confección del estudio de un sistema de protección integral frente al rayo, acorde a las necesidades y según las normas vigentes. CTE (Código Técnico de la Edificación SUA 8) y UNE 21.186.

[18]: Cypelec. Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Versión 2008.1.p. Software de cálculo para instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

# Conclusiones

---

**Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria**





Este proyecto engloba los conocimientos adquiridos durante los años de preparación y estudio en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica de Las Palmas de Gran Canaria, a los que se han sumado los años posteriores de experiencia laboral en el ámbito de las Telecomunicaciones, donde he podido estar vinculado.

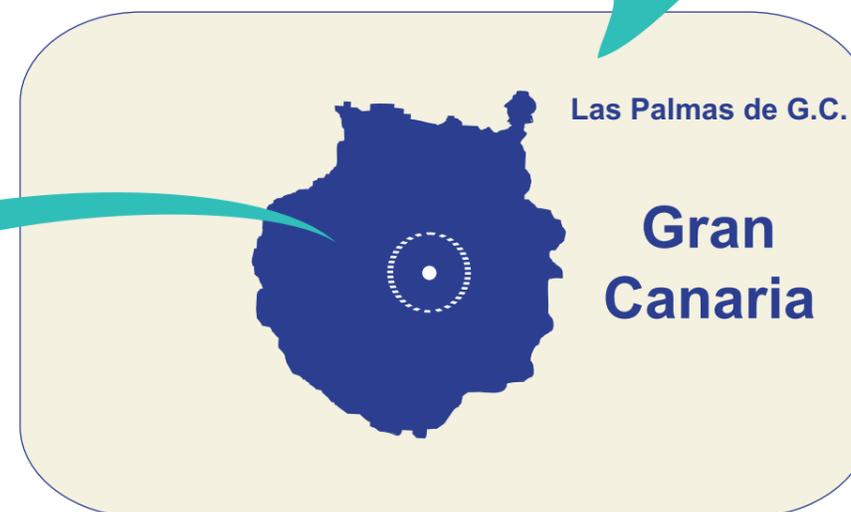
Por lo tanto, es fruto de un esfuerzo tanto académico como laboral, ofreciéndome la posibilidad de afrontar con mayores garantías futuros objetivos y plasmarlos en proyectos reales de instalación.

Me ha acercado a las múltiples normativas, leyes, decretos y diferentes consideraciones que son necesarios tener en cuenta a la hora de elaborar, calcular y poner en práctica una idea, por lo que estos nuevos conocimientos me ayudarán de aquí en adelante.

Con respecto a lo expuesto en este proyecto, se abre un nuevo horizonte de posibilidades en el campo de las comunicaciones de banda ancha a partir de este mismo año. La liberación del dividendo digital ofrecerá a la población un abanico de nuevas formas de comunicación y tecnologías de la información, revolucionando nuestra vida diaria como ya ocurriría con la aparición de la TDT o el teléfono móvil

A partir de ahora los operadores de telefonía y televisión estarán más vinculados entre sí, ofreciendo nuevas maneras de ver programas de televisión e interactuar en tiempo real, a través de un elemento que se ha convertido en algo habitual en nuestras vidas hoy en día, el teléfono móvil.

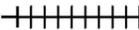




<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Situación y emplazamiento</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> S / E
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 1



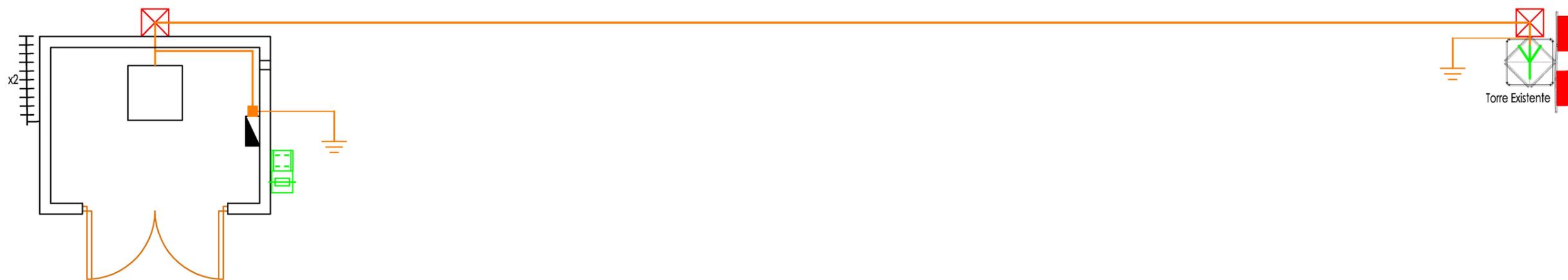
**LEYENDA**

	Armario equipamiento TDT		Interruptor unipolar
	Panel transmisión		Toma corriente schuko
	Antena recepción		Ventilación forzada
	Punta Franklin pararrayos		Canal blanca PVC
	Caja de protección y medida existente		Tubo rígido PVC Ø25mm
	Cuadro eléctrico baja tensión		Canalización subterránea existente
	Luminaria fluorescente 2x36W		Arqueta Existente
	Luminaria emergencia 315 lm		

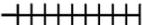
<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Planta caseta reemisor</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> 1/50
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 2



<p><b>Proyecto:</b>          Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria</p>	<p><b>Autor:</b>          Víctor Quintana Suárez</p>	<p><b>Peticionario:</b>          ULPGC</p>
<p><b>Alzado caseta reemisor</b></p>	<p><b>Fecha:</b>          15 - 06 - 2015</p>	<p><b>Escala:</b>          1/50</p>
<p><b>Localización:</b>          Risco Blanco          San Bartolomé de Tirajana</p>	<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Nº de Plano:</b>          3</p>

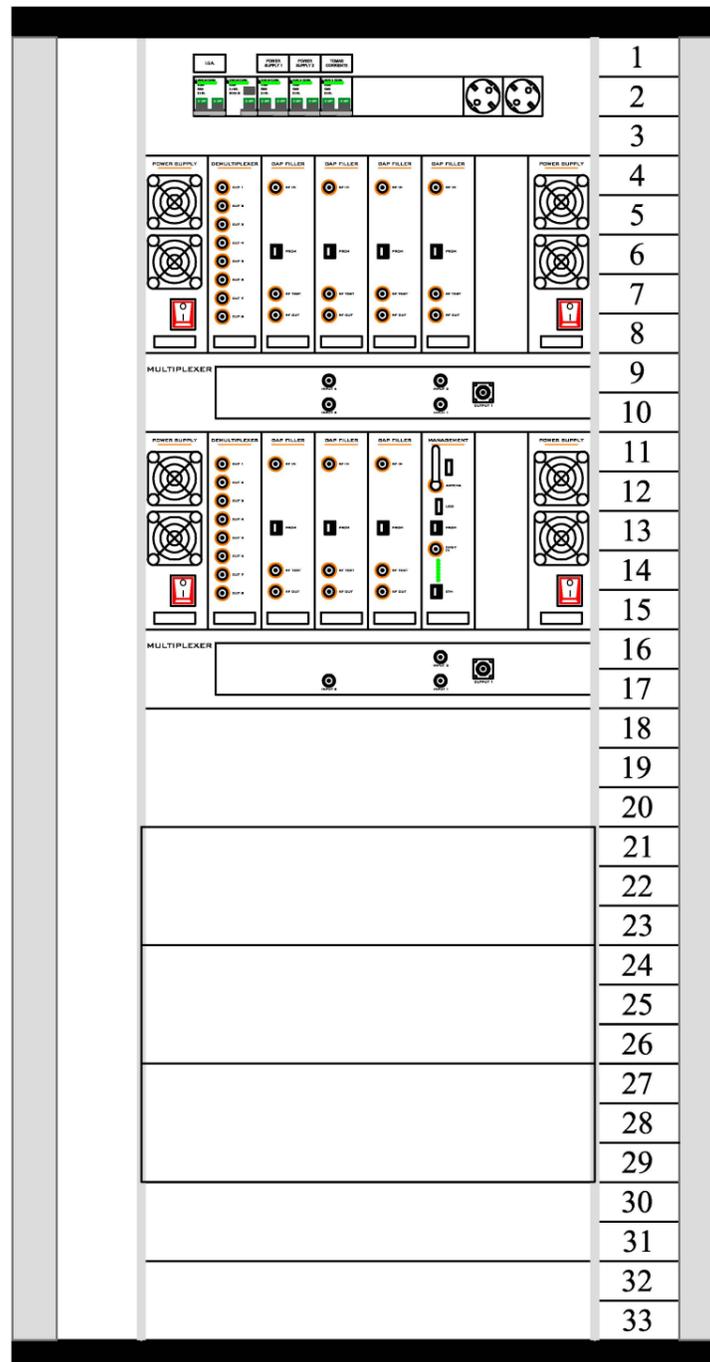


**LEYENDA**

	Armario equipamiento TDT		Cuadro eléctrico baja tensión
	Panel transmisión		Pica de cobre
	Antena recepción		Seccionador de tierra
	Punta Franklin pararrayos		Cable de cobre desnudo 35mm <sup>2</sup>
	Caja de protección y medida		Arqueta existente

<p><b>Proyecto:</b>            Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria</p>	<p><b>Autor:</b>            Víctor Quintana Suárez</p>	<p><b>Peticionario:</b>            ULPGC</p>
<p><b>Distribución red de tierras</b></p>	<p><b>Fecha:</b>            15 - 06 - 2015</p>	<p><b>Escala:</b>            1/50</p>
<p><b>Localización:</b>            Risco Blanco            San Bartolomé de Tirajana</p>	<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Nº de Plano:</b>            4</p>

## RACK CASETA



### Protecciones eléctricas

**Chasis #1 compuesto por:**  
**2 Fuentes de alimentación**  
**1 Demultiplexor 1E-8S**  
**4 Módulos gap filer**

### Tetraplexor

**Chasis #2 compuesto por:**  
**2 Fuentes de alimentación**  
**1 Demultiplexor 1E-8S**  
**3 Módulos gap filer**  
**1 Módulo management con GSM**

### Triplexor

**Panel ciego 3U**

**Panel ciego 3U**

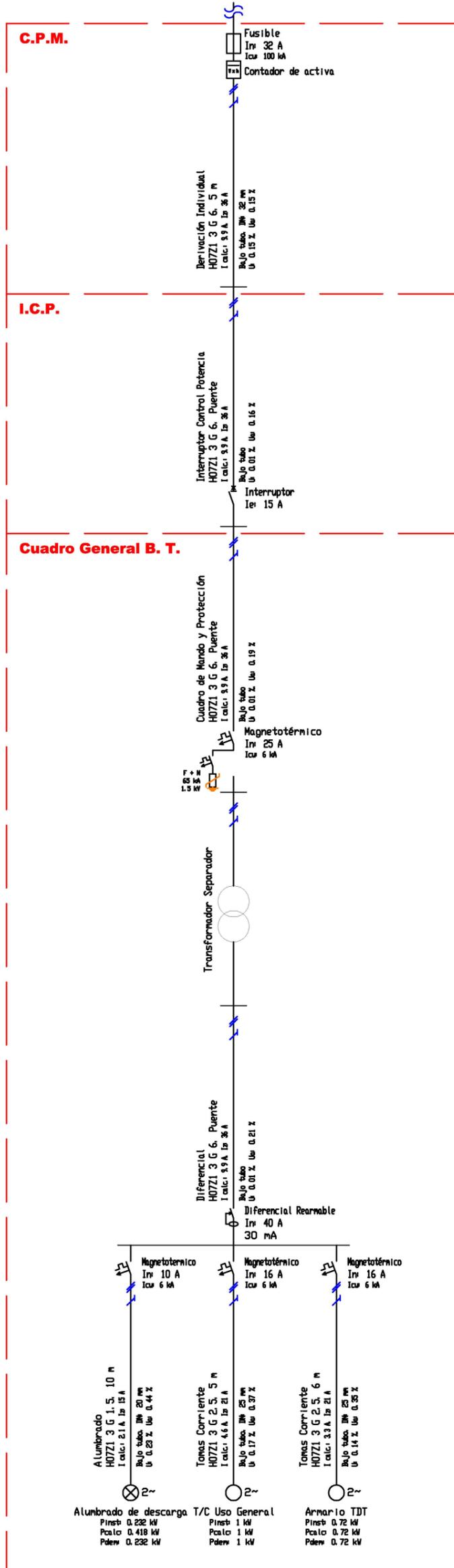
**Panel ciego 3U**

**Panel ciego 3U**

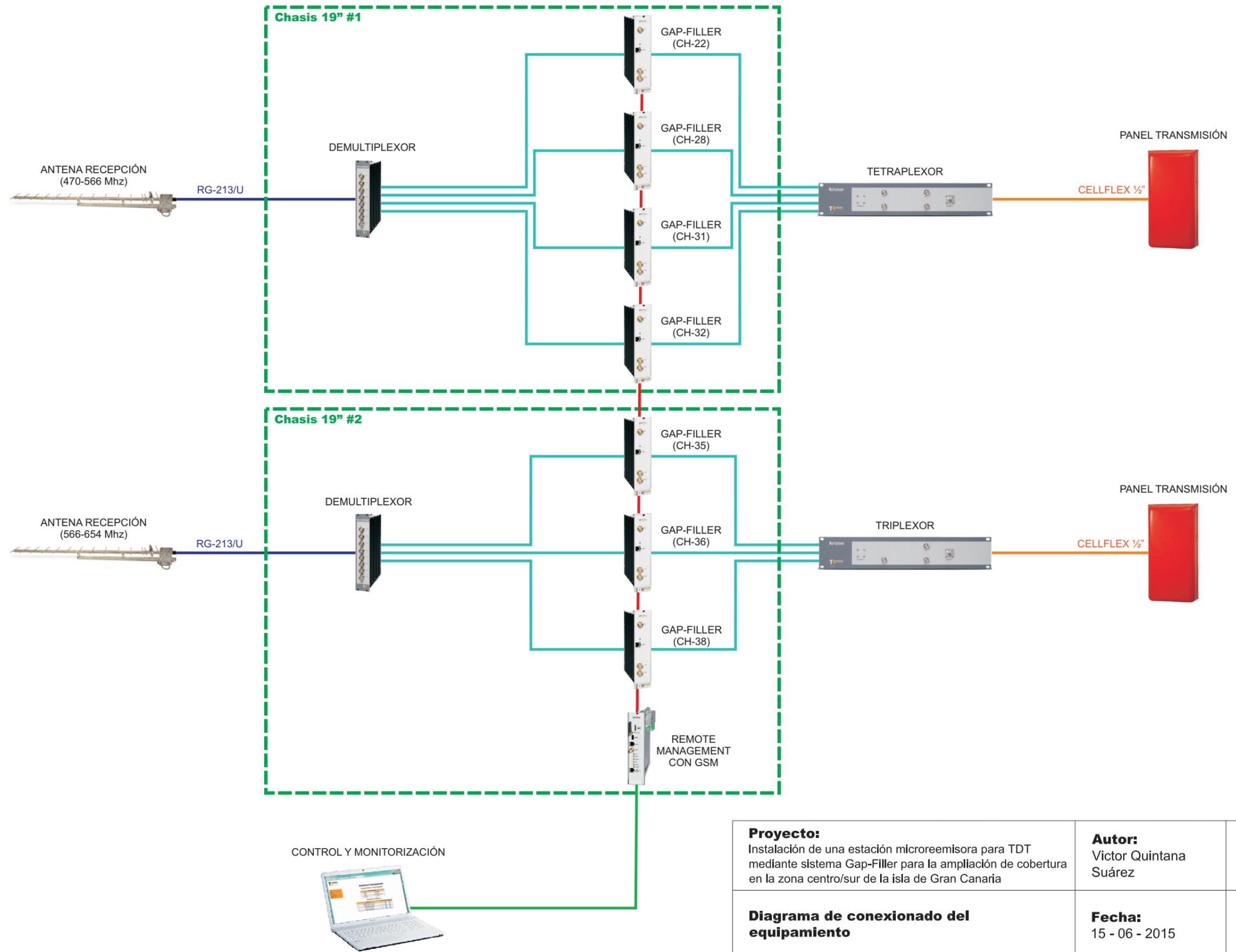
**Panel ciego 2U**

**Panel ciego 2U**

<p><b>Proyecto:</b>          Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria</p>	<p><b>Autor:</b>          Víctor Quintana Suárez</p>	<p><b>Peticionario:</b>          ULPGC</p>
<p><b>Distribución interna de equipamiento</b></p>	<p><b>Fecha:</b>          15 - 06 - 2015</p>	<p><b>Escala:</b>          S / E</p>
<p><b>Localización:</b>          Risco Blanco          San Bartolomé de Tirajana</p>	<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Nº de Plano:</b>          5</p>



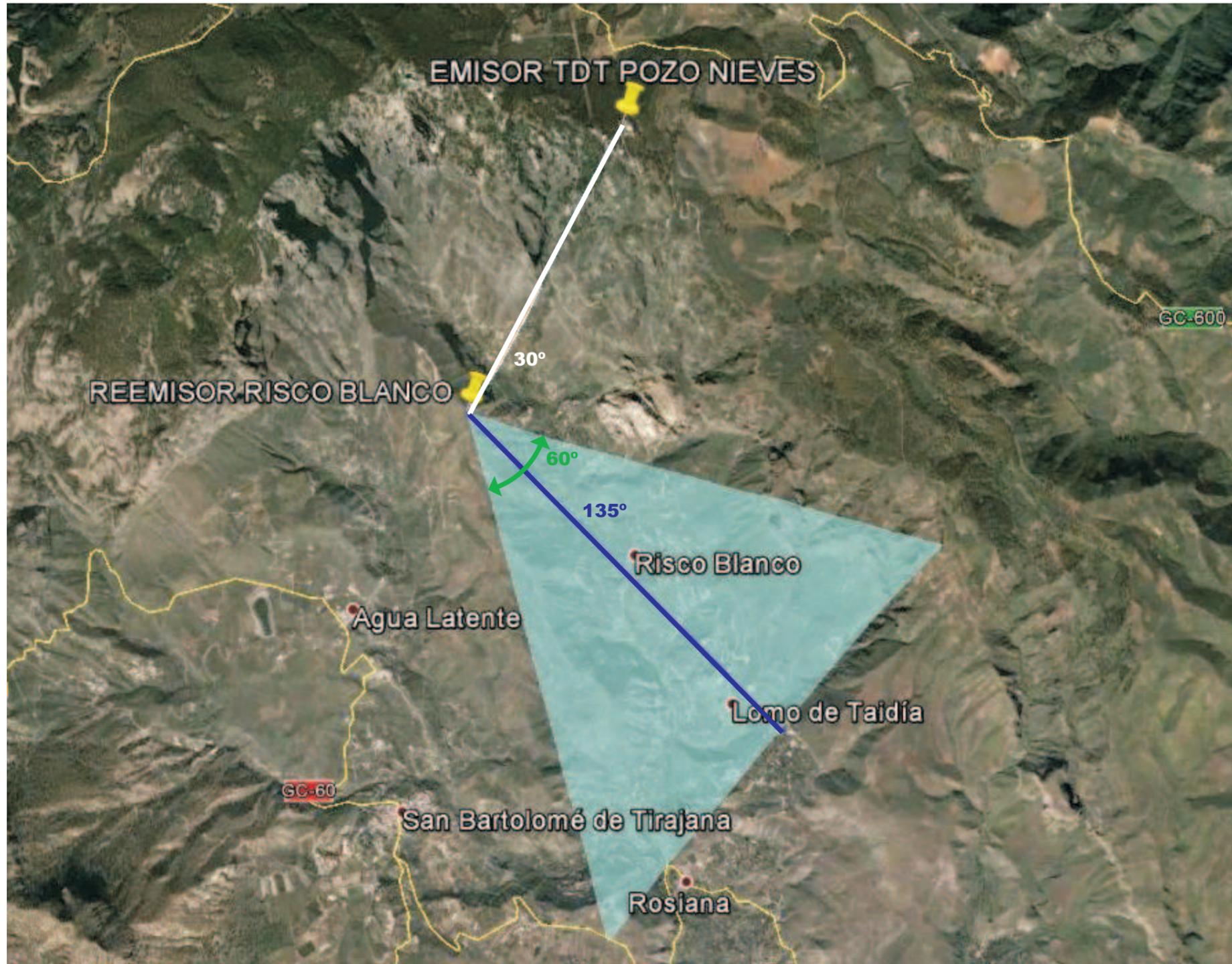
<p><b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria</p>	<p><b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez</p>	<p><b>Peticionario:</b> ULPGC</p>
<p><b>Esquema unifilar de B.T.</b></p>	<p><b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015</p>	<p><b>Escala:</b> S / E</p>
<p><b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana</p>	<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Nº de Plano:</b> 6</p>



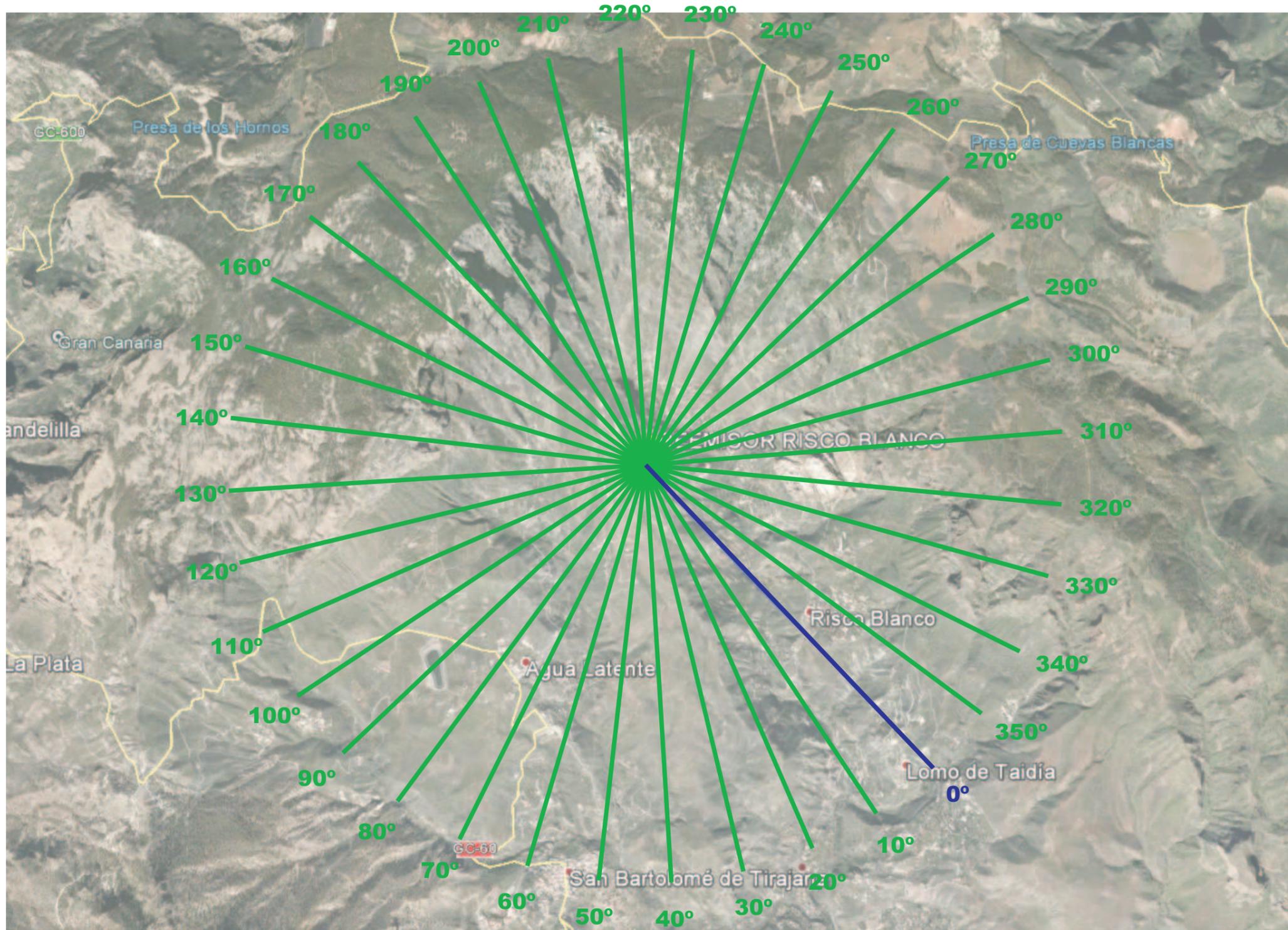
<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Diagrama de conexionado del equipamiento</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> S / E
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 7



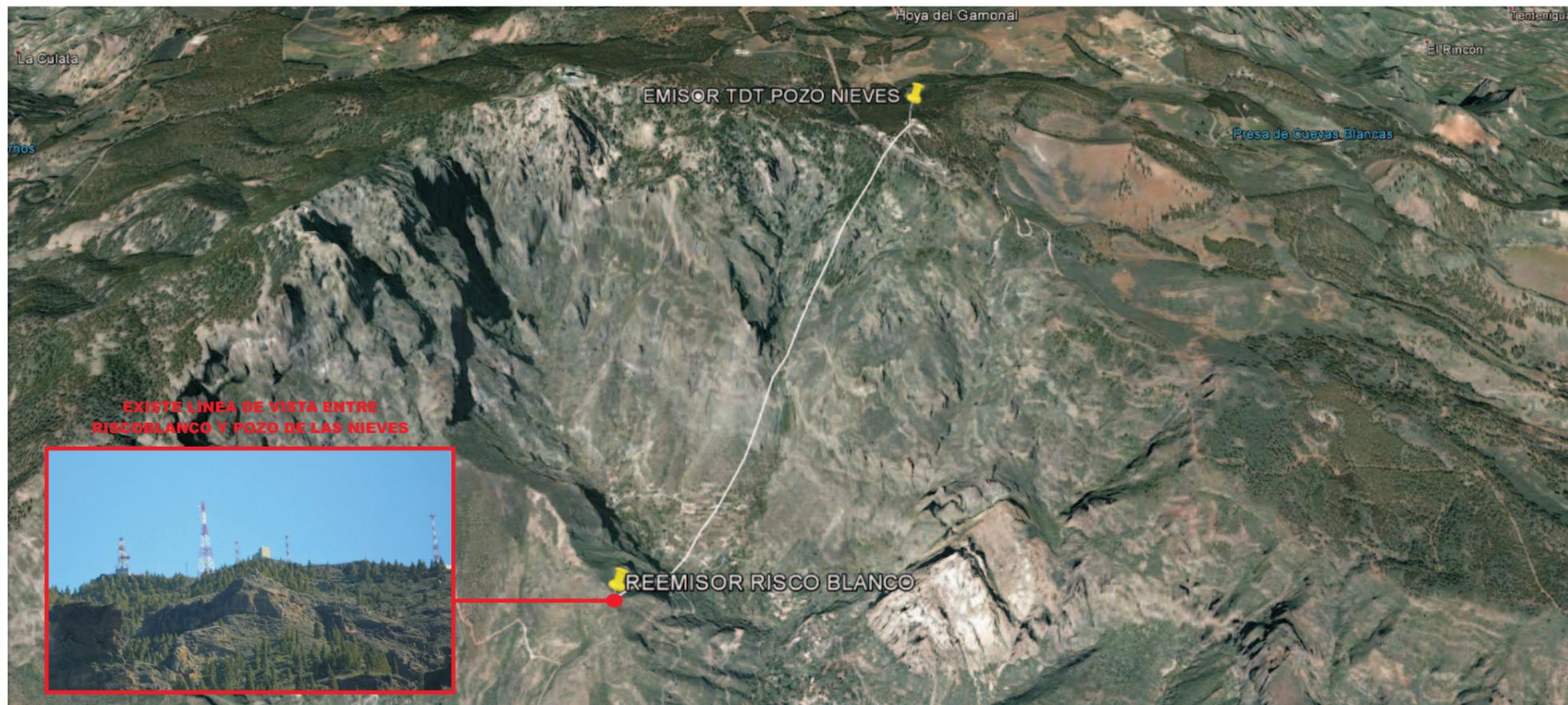
<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Área de cobertura del reemisor</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> S / E
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 8



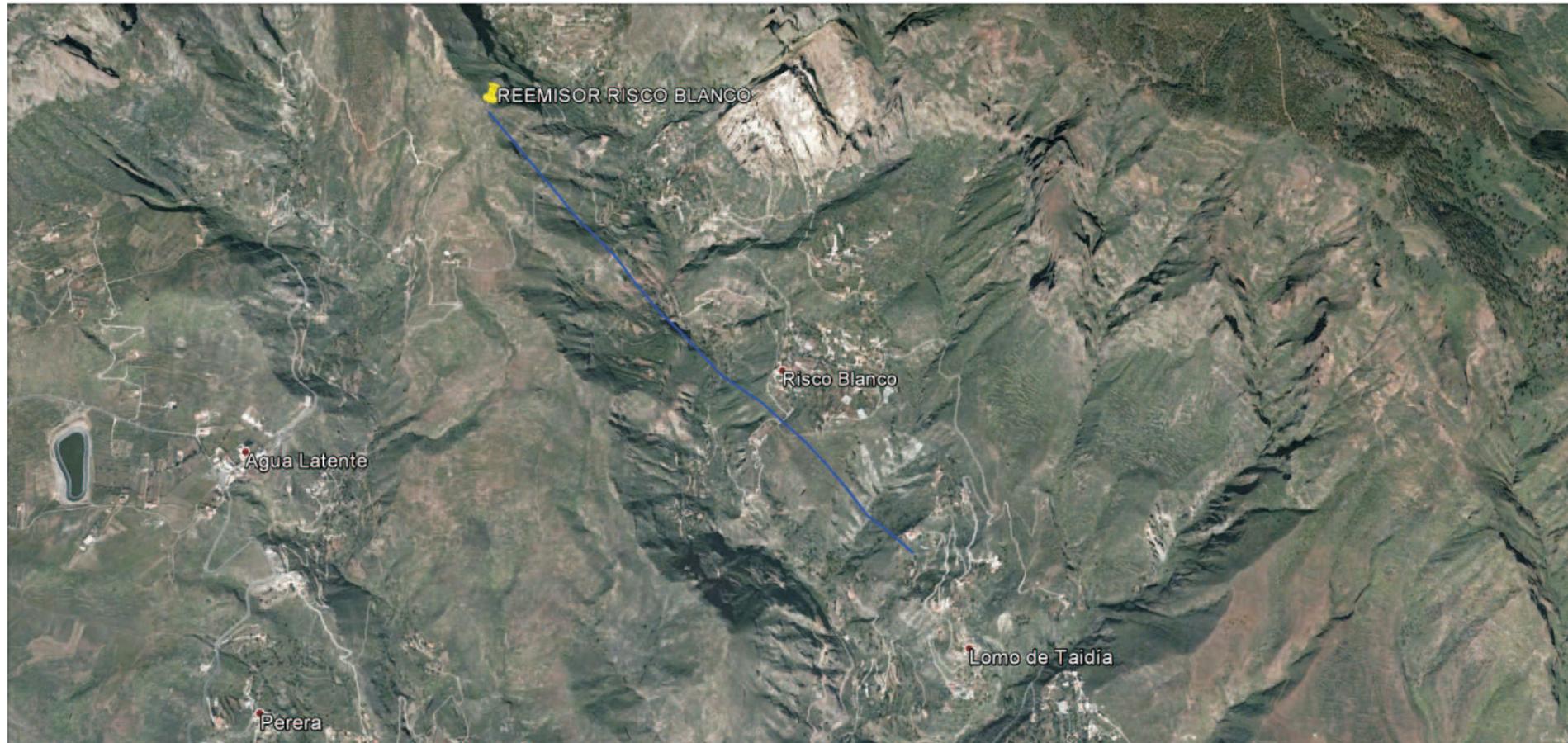
<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Orientación de antenas del reemisor</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> S / E
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 9



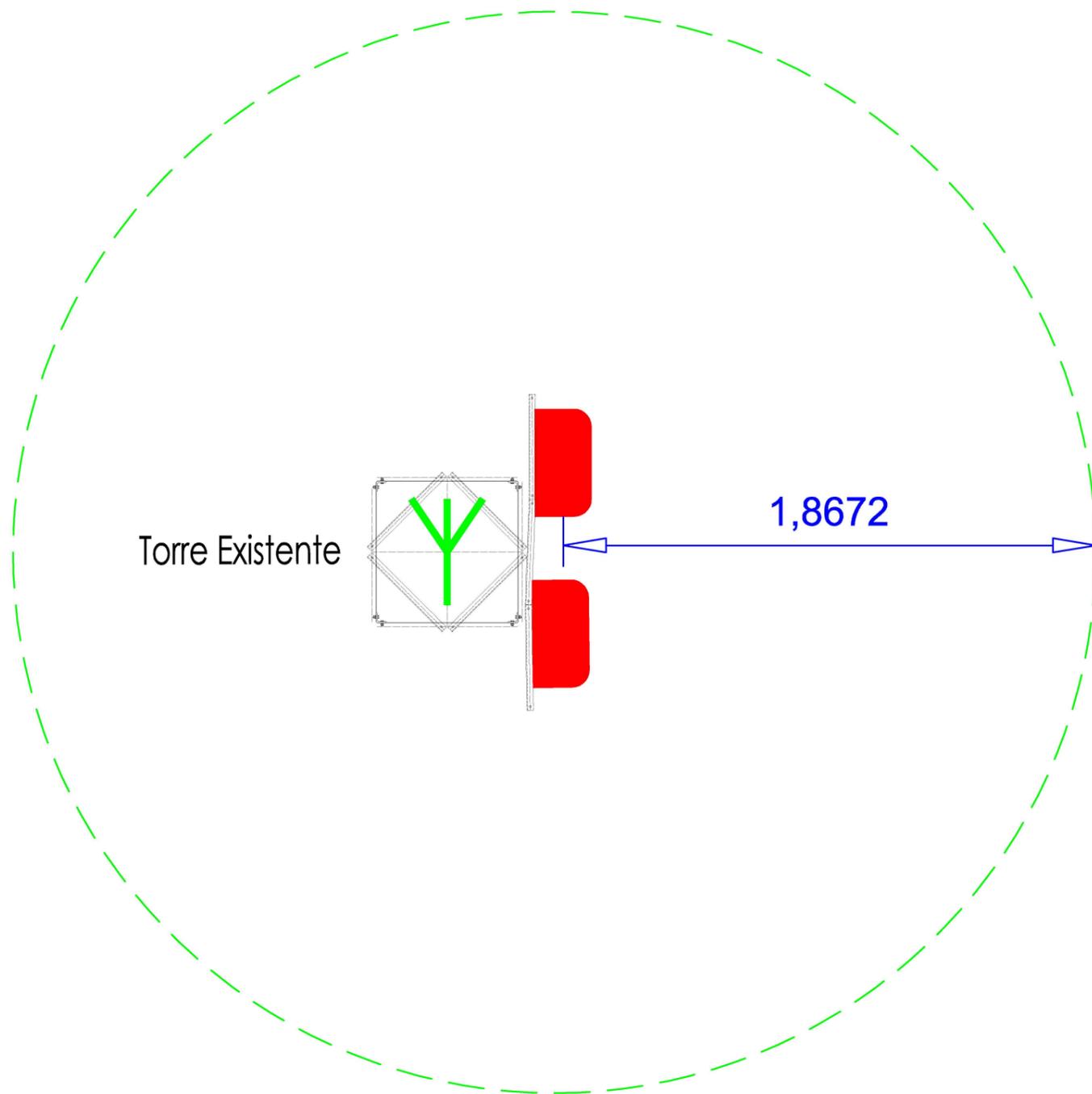
<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Víctor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Radiales de cobertura del reemisor</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> S / E
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 10



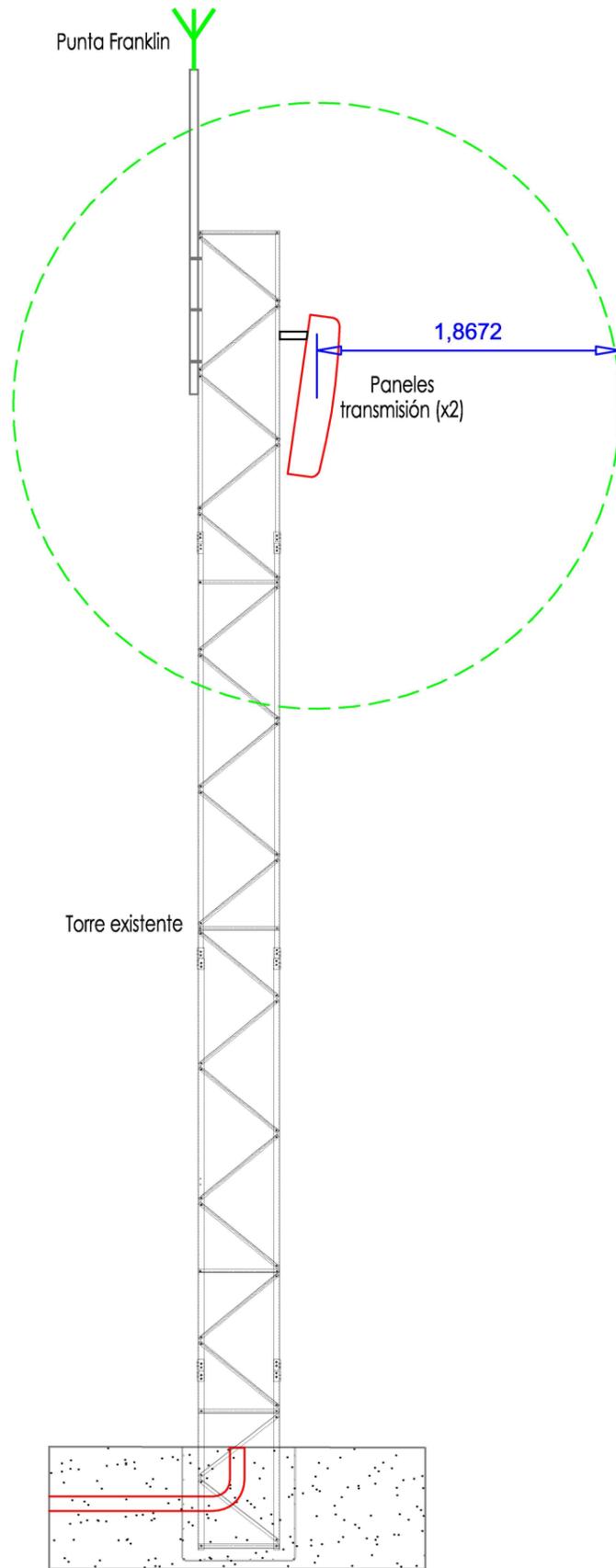
<p><b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria</p>	<p><b>Autor:</b> Victor Quintana Suárez</p>	<p><b>Peticionario:</b> ULPGC</p>
<p><b>Perfil geográfico de enlace entre Risco Blanco y Pozo de las Nieves</b></p>	<p><b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015</p>	<p><b>Escala:</b> S / E</p>
<p><b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana</p>	<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Nº de Plano:</b> 11</p>



<p><b>Proyecto:</b>          Instalación de una estación microreemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria</p>	<p><b>Autor:</b>          Victor Quintana Suárez</p>	<p><b>Peticionario:</b>          ULPGC</p>
<p><b>Perfil geográfico de enlace entre reemisor y poblaciones de Risco Blanco y Taidía</b></p>	<p><b>Fecha:</b>          15 - 06 - 2015</p>	<p><b>Escala:</b>          S / E</p>
<p><b>Localización:</b>          Risco Blanco          San Bartolomé de Tirajana</p>	<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Nº de Plano:</b>          12</p>



<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Víctor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Planta de volumen de referencia</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> 1/20
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 13



<b>Proyecto:</b> Instalación de una estación microemisora para TDT mediante sistema Gap-Filler para la ampliación de cobertura en la zona centro/sur de la isla de Gran Canaria	<b>Autor:</b> Víctor Quintana Suárez	<b>Peticionario:</b> ULPGC
<b>Alzado de volumen de referencia</b>	<b>Fecha:</b> 15 - 06 - 2015	<b>Escala:</b> 1/40
<b>Localización:</b> Risco Blanco San Bartolomé de Tirajana	<b>Firma:</b>	<b>Nº de Plano:</b> 14