



Enlaces web

Televés. Empresa líder en innovación y desarrollo tecnológico de productos para la comunicación.

www.televes.es

Fagor. Fabricante de equipos para la recepción y distribución de la señal de TV y la ICT en general.

www.fagorelectronica.com/trata/indextrata.php

FTE maximal. Compañía de equipos de recepción, tratamiento y distribución de señales de radio, televisión y satélite, focalizada en ofrecer soluciones integrales al mercado del instalador profesional de telecomunicaciones.

www.ftemaximal.com

Tecatel. Fabricante de antenas, equipos y componentes para la recepción de televisión terrestre y por satélite.

www.tecatel.com/

Alcad. Diseño, fabricación y comercialización de domótica y productos para la recepción y distribución de señales de televisión.

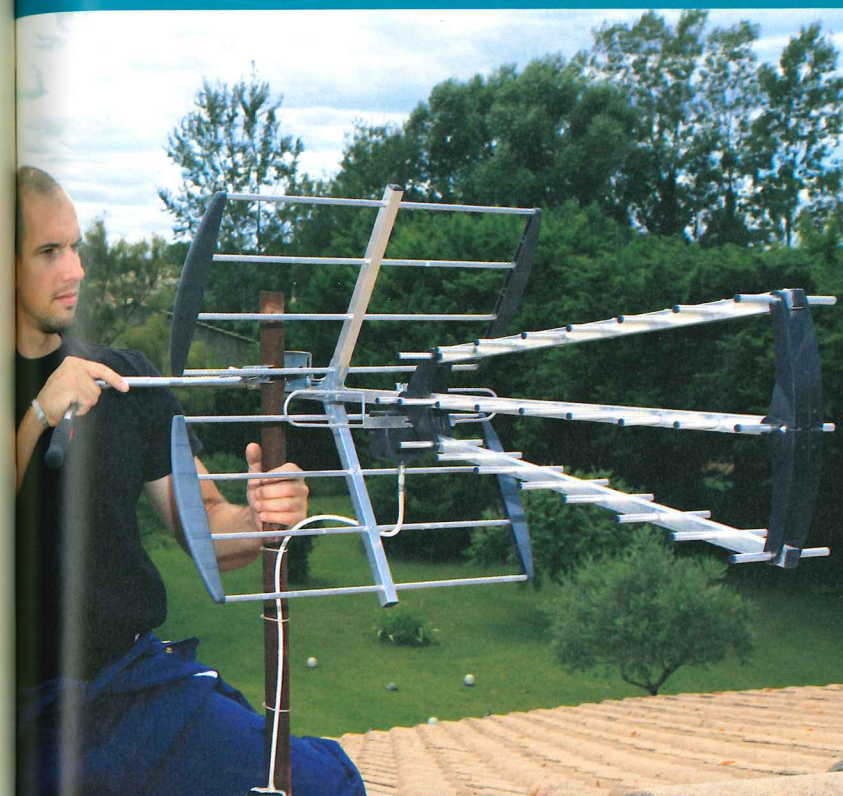
www.alcad.net

Ikusi. Fabricante que comercializa equipos para la recepción y distribución de señales de TV.

www.ikusi.com/

Recepción y distribución de la señal de televisión terrestre

4



Los sistemas de distribución de la señal de TV terrestre se conocen con el nombre de sistemas MATV (*Master Antenna Television*). Este término en general se aplica solamente a instalaciones colectivas, aunque es común su utilización para designar cualquier tipo de instalación que distribuya canales de TV terrestre, incluso las individuales.

La normativa actual que regula las instalaciones de TV en instalaciones colectivas es el anexo I del reglamento de la ICT.

Contenidos

- 4.1. Sistemas de recepción de televisión terrestre
- 4.2. Sistema captador de señales
- 4.3. Equipo de cabeza
- 4.4. Red de distribución
- 4.5. ICT
- 4.6. Ejemplo de instalación ICT
- 4.7. Protocolo de pruebas

Objetivos

- Relacionar las partes y componentes de las instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV de una ICT con las funciones que realizan.
- Configurar instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV de una ICT a partir de las especificaciones técnicas y aplicando la normativa de la ICT.
- Seleccionar los elementos de captación y amplificación en función de las características técnicas indicadas en la normativa.
- Dimensionar las redes que componen la infraestructura de comunicaciones.

4.1. Sistemas de recepción de televisión terrestre

El anexo I del RD 346/2011 de la ICT establece las características técnicas que debe cumplir la infraestructura común de telecomunicaciones (ICT) destinada a la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y de televisión procedentes de emisiones terrestres y de satélite.

A pesar de que el RD 346/2011 de 11 de marzo desarrolla el actual reglamento de la ICT, la mayoría de instalaciones instaladas hasta la entrada en vigor de dicho reglamento cumplen los requisitos establecidos en el anterior reglamento de la ICT RD 401/2003.

Las instalaciones individuales no se rigen por la normativa de la ICT.

4.1.1. Servicios a distribuir

Los servicios a distribuir en una instalación dependerán del tipo de instalación:

- En una **instalación colectiva** de nueva construcción es obligatorio distribuir la señal de TV terrestre, así como la señal de radio FM y DAB. En cambio, no es obligatoria la distribución de la señal del servicio de radiodifusión satélite, aunque sí recomendable.
- En una **instalación individual**, los servicios a distribuir dependerán de las necesidades y deseos del propietario.

Sabías que...

El hecho de que se especifiquen los niveles máximo y mínimo se justifica porque para una recepción correcta de la señal de televisión es igualmente devastador un nivel escaso de señal a la entrada del receptor, que provoca la falta de imagen en la pantalla, como un nivel elevado, que produce la saturación de los amplificadores de TV.

4.1.2. Niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión

El objetivo básico durante el diseño de una instalación es la elección de los diferentes elementos que la forman para cumplir los siguientes parámetros de calidad:

- Nivel de señal.
- Relación C/N en las tomas de usuario.
- Distorsión de la señal: relación de intermodulación.
- Relación portadora/interferencias a frecuencia única.
- Parámetros globales de calidad de la instalación: BER, MER, etc.

4.1.3. Nivel de señal

En la Tabla 4.1 se establecen los niveles máximos y mínimos de señal que deben estar presentes en las tomas de usuario para los diferentes tipos de emisiones de TV y radio.

Tabla 4.1. Nivel de señal en la toma de usuario.

Tipo de canal	Nivel de señal
TV AM (*)	57-80 dBμV
TV COFDM	47-70 dBμV
Radio FM	40-70 dBμV
Radio DAB	30-70 dBμV
64 QAM-TV (CATV)	45-70 dBμV
QPSK-TV (TV-SAT)	47-77 dBμV

(*) Los niveles de calidad para señales de AM-TV se dan solo a efectos de tenerse en cuenta para el caso de que se desee distribuir con esta modulación alguna señal de distribución no obligatoria en la ICT.

Como en general los niveles de señal de cada canal recibido por la antena son diferentes, es tarea del diseñador asegurar que todos los canales lleguen a la toma de usuario con los niveles de señal adecuados.

Recuerda:

Para las modulaciones digitales los niveles se refieren al valor de la potencia en todo el ancho de banda del canal.

4.1.4. Calidad de la señal

Las señales distribuidas a cada toma de usuario deben reunir las características de calidad (relación portadora/ruido aleatorio) reflejadas en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Relación C/N.

Tipo de canal	Relación portadora/ruido aleatorio
TV AM (*)	≥ 43 dB
TV COFDM	≥ 25 dB
Radio FM	≥ 38 dB
Radio DAB (COFDM)	≥ 18 dB
QPSK -TV	QPSK DVB-S ≥ 11 dB QPSK DVB-S2 ≥ 12 dB
8PSK DVB-S2	≥ 14 dB
64 QAM-TV	≥ 28 dB

La medida de la relación portadora/ruido (C/N) es importante ya que un nivel de señal mayor no asegura una mejor calidad de la imagen.

Las técnicas de corrección que utilizan las modulaciones digitales permiten una correcta recepción aún con bajos niveles de relación C/N. En cambio, para las modulaciones analógicas (AM-TV y radio FM) se necesita una relación C/N mayor.

4.1.5. Distorsión de la señal

Otro parámetro muy importante que debe evaluarse en la instalación es la **distorsión**, sobre todo la distorsión no li-

neal, producida por los elementos activos de una instalación. Esta distorsión se debe a la respuesta no lineal de los amplificadores y da lugar a efectos de intermodulación.

La **intermodulación** es la aparición de señales no deseadas por el batido de otras señales de diferente frecuencia que se produce generalmente cuando se amplifican señales en un amplificador.

La mayor parte de señales interferentes que se generan por la intermodulación no afectan al sistema, ya que caen fuera del ancho de banda del amplificador y, por tanto, quedan atenuadas por el filtro de salida. Pero otras pueden interferir en los canales de la misma banda de paso del amplificador, ya que aparece una interferencia que degrada la calidad de las señales de interés. La interferencia será mayor cuanto más grande sea el nivel de salida del amplificador, debido a su respuesta no lineal.

Sabías que...

La intermodulación es la causante de la aparición de diferentes tonos de radiofrecuencia (productos de intermodulación) a partir de la transmisión de dos portadoras. Cuando dos portadoras de frecuencias f_1 y f_2 se amplifican, además de las señales amplificadas, se producen a su salida otras señales de frecuencia:

$$f_n = n_1 f_1 \pm n_2 f_2$$

donde $n = n_1 + n_2$ es el orden del producto de intermodulación.

Ejemplo 4.1. Evaluación de la calidad de la señal

La Figura 4.1 muestra la señal recibida en dos comunicaciones. En la primera el nivel de señal recibido es de 52 dBμV y el nivel de ruido es de unos 15 dBμV, resultando una relación C/N de 37 dB. En la segunda comunicación se recibe más señal (60 dBμV), pero la relación C/N es menor (26 dB), ya que el nivel de ruido recibido es mayor (34 dBμV).

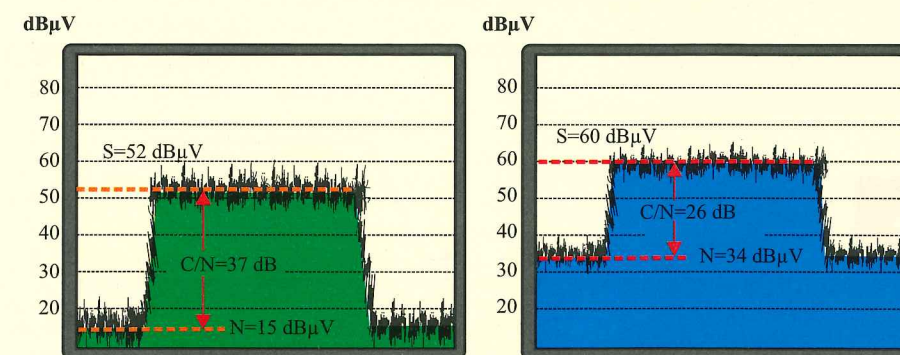


Figura 4.1. Relación C/N.

Existen diferentes maneras de evaluar el efecto de la distorsión no lineal y depende del tipo de señal que se amplifica (analógica o digital) y del ancho de banda del amplificador (monocanal o de banda ancha).

► Recuerda:

Cuando en un amplificador se sobrepasa el nivel máximo de salida especificado por el fabricante, aparece el fenómeno de intermodulación que provoca distorsiones y pérdida de calidad en la señal de TV. Este fenómeno siempre está presente, pero sus efectos son imperceptibles, si no se sobrepasan determinados niveles de salida del amplificador.

El parámetro que permite evaluar la distorsión de una instalación es la relación de intermodulación (C/I), cuyos niveles permitidos por la normativa se reflejan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Relación de intermodulación.

Tipo de canal	Relación de intermodulación
TV AM (*)	≥ 54 dB
TV COFDM	≥ 30 dB
TV QPSK	≥ 18 dB
TV 64 QAM	≥ 35 dB

Este parámetro especifica la cantidad de señal intermodulada que puede soportar un ca-

nal de TV. Como se observa en la Figura 4.3 los canales digitales son más robustos a este efecto.

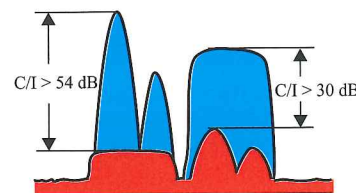


Figura 4.3. Efecto de la intermodulación.

En los sistemas de TV estos efectos se producen generalmente debido al batido de las frecuencias de un mismo canal entre sí (amplificadores monocanal) y por el efecto de estas con los otros canales (amplificadores de banda ancha).

Sabías que...

La normativa de la ICT especifica que el nivel máximo de salida de los amplificadores es de 120 dBμV para canales analógicos y 113 dBμV para canales digitales en la banda de 47 a 862 MHz y de 110 dBμV para la banda de FI (950-2.100 MHz).

Evaluación de la intermodulación

El parámetro que proporciona el fabricante de un amplificador para evaluar el fenómeno de la intermodulación es el nivel máximo de salida del amplificador ($S_{o\text{MAX}}$). Si se supera este nivel, la relación portadora/interferencia (C/I) de

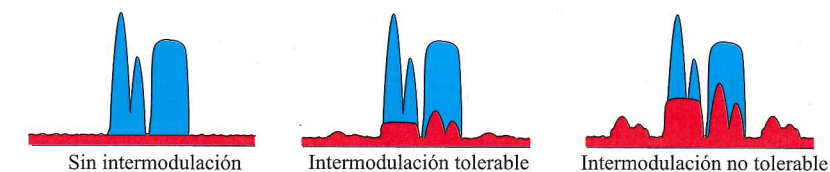


Figura 4.4. Efecto de la intermodulación en canales de TV.

salida del amplificador será inferior al valor determinado por la normativa de referencia utilizada y que normalmente especifica el fabricante en su catálogo.

La Figura 4.4 muestra el efecto de la intermodulación en los canales de interés, que provoca la presencia de interferencias que pueden afectar a la calidad de la señal recibida en la toma de usuario, si el nivel de salida del amplificador se ajusta muy elevado.

La única preocupación del instalador es que no se supere la tensión máxima de salida especificada por el fabricante del amplificador. También, una práctica recomendable en presencia de interferencias debidas a intermodulación es disminuir el nivel de salida de los amplificadores utilizados, hasta que desaparezcan los efectos de la interferencia.

► Recuerda:

La mayoría de fabricantes especifican el nivel de salida máximo tanto para canales digitales como para canales analógicos.

4.1.6. Interferencias

Existen dos tipos básicos de interferencias:

- **Espurio:** interferencia de frecuencia única de origen desconocido (Figura 4.5). La Tabla 4.4 indica el valor máximo de interferencia permitida por la normativa. La señal digital es bastante resistente a las interferencias de frecuencia única y un canal de TDT se podrá demodular correctamente sin problemas si $C/I > 10$ dB.
- **Interferencia de canal:** canal que interfiere en otro, generalmente debido a que un canal no deseado de la misma frecuencia que otro útil llega a la instalación. En general, el efecto es despreciable si la diferencia de la señal interferente respecto de la señal útil es superior a la relación de intermodulación especificada por la normativa.

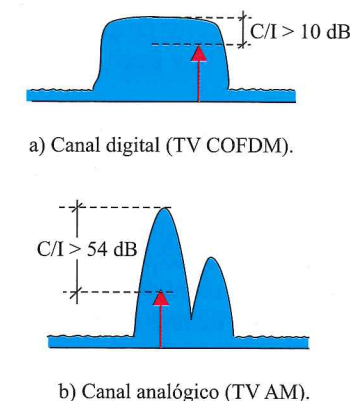


Figura 4.5. Relación portadora/interferencia a frecuencia única.

Tabla 4.4. Relación portadora/interferencia a frecuencia única.

Tipo de canal	Relación portadora/interferencia a frecuencia única
TV AM	≥ 54 dB
TV COFDM	≥ 10 dB
TV QPSK	≥ 18 dB
TV 64 QAM	≥ 35 dB

► Recuerda:

Los niveles de calidad para señales de AM-TV se dan solo a efectos de tenerse en cuenta para el caso de que se desee distribuir con esta modulación alguna señal de distribución no obligatoria en la ICT.

Sabías que...

Alguno de los métodos de medida utilizados para evaluar la intermodulación de un amplificador no son válidos con señales de TV digital terrestre, ya que por un lado este tipo de señal es menos sensible a la intermodulación, pero por el contrario, el número de portadoras significativas es mucho mayor que en la TV analógica.

Ejemplo 4.2. Prueba de dos tonos

La Figura 4.2 representa la prueba de dos tonos. Se introducen en el amplificador dos tonos (f_1 y f_2) de nivel S que provocan armónicos de orden 3. El nivel de señal de la interferencia producida es I . Se debe procurar que la relación S/I esté por encima de unos niveles determinados, especificados por la normativa de referencia.

El resto de batidos de las señales de entrada caen fuera del ancho de banda del amplificador, por lo que no afectan a la distorsión de la señal de salida.

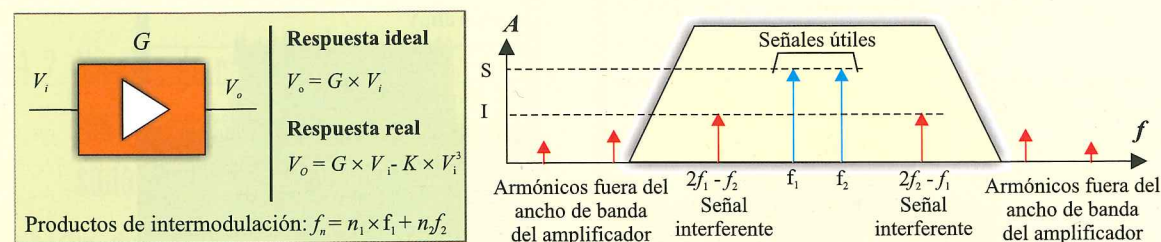


Figura 4.2. Prueba de dos tonos.

4.1.7. Parámetros globales de calidad de la instalación

La medida de la calidad de la señal digital se basa fundamentalmente en la tasa de errores de bit (BER) de la señal recibida.

La Tabla 4.5 muestra los límites de calidad establecidos por la normativa. Para las señales terrestres se evalúa el BER, es decir, la tasa de errores después de las dos protecciones contra errores (Viterbi y Reed-Solomon) si las hay.

En cambio, para la señal satélite se evalúa el VBER, es decir, el BER después de Viterbi (si lo hay) y antes de Reed-Solomon.

El **MER** es uno de los principales parámetros que define la calidad de la señal digital, ya que informa de manera global de la degradación de la señal debida a múltiples factores: relación señal/ruido, ruido de fase de osciladores, ecos, etc.

El valor de MER aconsejable en toma es 22 dB (≥ 21 dB), pero si se tiene en cuenta la influencia de la instalación receptora en su conjunto, el valor mínimo para el MER en antena debe ser 23 dB.

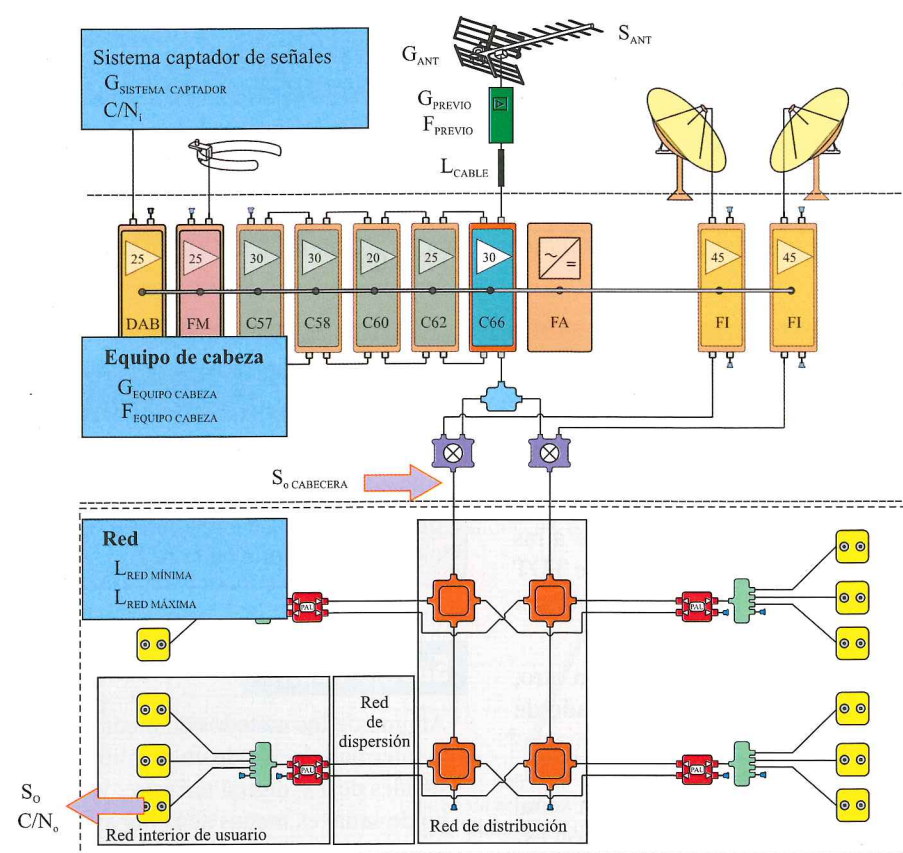
Tabla 4.5. Parámetros globales de calidad de la instalación.

Tipo de canal	Parámetros globales de calidad de la instalación
BER QAM	9×10^{-5}
VBER QPSK	9×10^{-5}
BER COFDM-TV	9×10^{-5}
MER COFDM-TV	≥ 21 dB en toma

Cuando se reciben valores bajos de MER, próximos al valor mínimo aconsejable, una de las opciones es evaluar la posibilidad de mejorar las características de la instalación receptora, con el objetivo de aumentar el valor de MER de la señal.

Sabías que...

En condiciones normales, utilizando los elementos de calidad adecuada según los requisitos de la normativa los parámetros globales de calidad de la instalación (BER, VBER y MER) deben ser los adecuados.



Recuerda:

Una vez realizada la instalación es necesario asegurarse de que se cumplen los requisitos de calidad establecidos, por lo que se deben realizar las medidas establecidas en el protocolo de pruebas. Este documento garantiza que la instalación se ha realizado de manera correcta.

4.1.8. Diseño de una instalación

Los criterios de diseño de una instalación son muy variados, pero todos ellos tienen como objetivo escoger los diferentes elementos que forman la instalación para cumplir las características de calidad que establece la normativa.

La Figura 4.6 muestra el esquema básico para el diseño de una instalación, en el que como norma general se deben seguir los siguientes pasos:

- Cálculo de las pérdidas de la red de distribución (L_{MAX} y L_{MIN}).
- Elección del equipo de cabeza: nivel de señal que debe suministrar el amplificador para compensar las pérdidas de la red de distribución ($S_{o\text{ CABECERA}}$).
- Diseño del equipo captador de señales: elección de la ganancia de la antena que garantice una calidad de la señal adecuada (C/N).

Sabías que...

Existen diferentes criterios de diseño, todos ellos válidos para la planificación de una instalación. Si bien diferentes criterios de diseño pueden dar lugar a diferentes características de los elementos utilizados, las soluciones son igualmente correctas si cumplen con los requisitos de diseño.

4.2. Sistema captador de señales

Para la elección del sistema captador de señales las consideraciones son las mismas para la mayoría de las instalaciones, por lo que se inicia el estudio de este.

Sabías que...

El sistema captador está formado por las antenas y los elementos de sujeción necesarios, como por ejemplo mástil y torretas. En ocasiones también será necesario utilizar otros elementos encargados de adecuar las señales para ser entregadas al equipo de cabeza.

4.2.1. Elección de la antena

El parámetro más determinante a la hora de la elección de la antena es su ganancia, teniendo presente el **diagrama de radiación** y la **curva de respuesta en frecuencia** de la misma.

Como norma general, será necesario utilizar una antena para cada servicio de radiodifusión: una para radio FM (banda II), una para radio DAB (banda III) y otra para el servicio de radiodifusión de TV terrestre (bandas IV y V).

Para el caso de TV, si todos los canales que se desean recibir se emiten desde la misma antena emisora (repetidor de TV) es suficiente utilizar una única antena de UHF orientada hacia ella. La antena debe cubrir todo el ancho de banda de UHF, por lo que se utilizan antenas de banda ancha (Figura 4.7.a). Otras antenas permiten la recepción por grupos de canales (Figura 4.7.b).

En determinados casos es necesaria la utilización de dos o más antenas de UHF:

- Si los canales se reciben de antenas emisoras diferentes es necesario utilizar tantas antenas como direcciones de recepción.

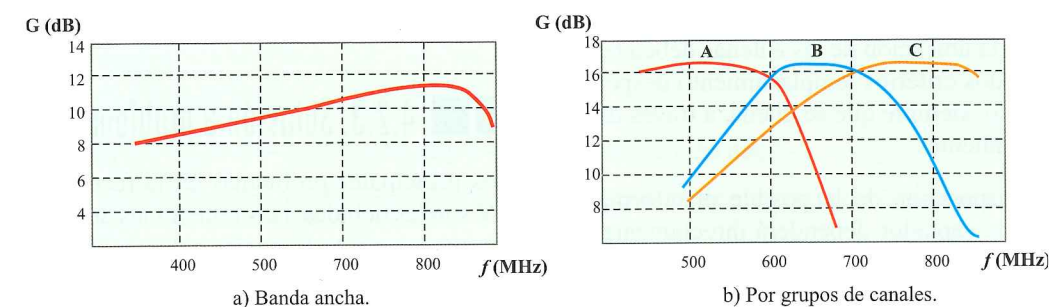


Figura 4.7. Antenas de UHF.

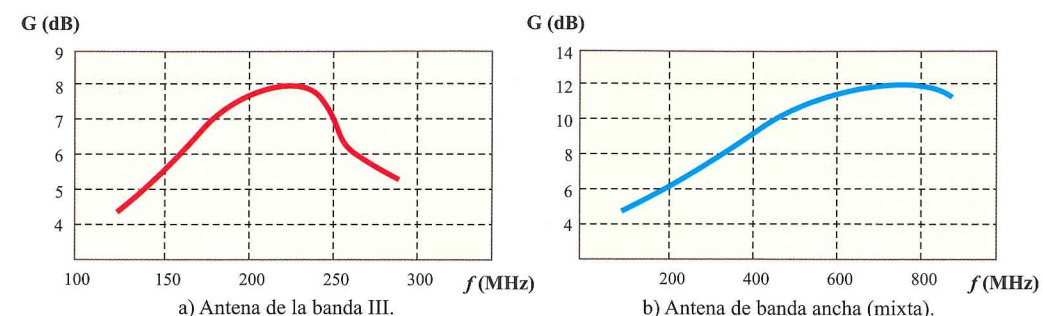


Figura 4.8. Tipos de antenas DAB.

- Cuando uno de los canales que se desea recibir tiene un nivel de señal muy bajo, se requiere una antena para este canal de ganancia elevada y un preamplificador.
- En instalaciones situadas en zonas de señal débil, es posible la recepción de los canales cercanos en frecuencia con antenas diferentes que permitan que cada grupo se procese por separado en el equipo de cabeza.

Para la recepción del servicio de **radio digital DAB** es necesario utilizar una antena que cubra la banda III. Las dos opciones principales son:

- Utilizar una antena específica para este servicio (Figura 4.8.a).
- Utilizar una **antena mixta** que permita recibir, además de la banda de UHF, la banda III (Figura 4.8.b).

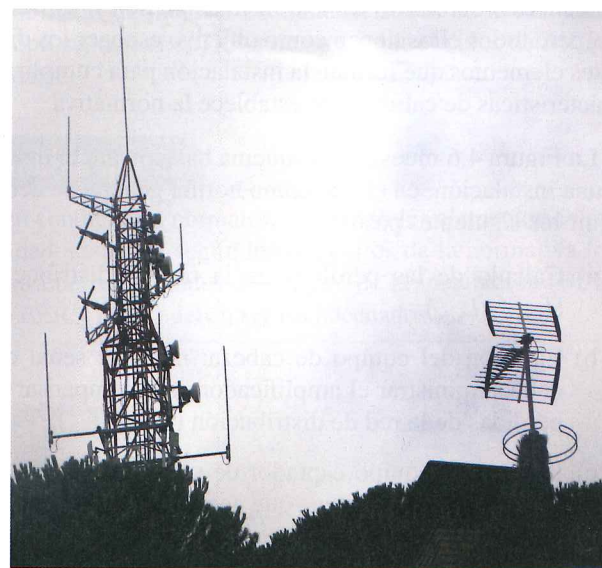


Figura 4.9. Emplazamiento de la antena.

Sabías que...

La elección de la antena de FM es fácil, ya que este tipo de antenas son omnidireccionales con una ganancia muy pequeña (0-1 dB).

4.2.2. Emplazamiento de las antenas

Para la elección de la ubicación de las antenas deben tenerse en cuenta estos dos criterios: emplazamiento despejado y un acceso provisto, siempre que se pueda, a través de las escaleras correspondientes.

El tamaño y disposición de la posible plataforma de sujeción del sistema captador dependerá directamente del número y tamaño de las antenas a colocar, las cuales deben estar en contacto visual con el repetidor terrenal de televisión (Figura 4.9). Esta condición es determinante para la altura de la antena.

Recuerda:

La óptima ubicación de las antenas influye en la buena captación de las señales radioeléctricas, pero también para el mantenimiento de la instalación sin riesgos personales.

4.2.3. Solución a problemas de recepción

Los principales problemas en la recepción de la señal de TV son las debidas a las reflexiones de la señal (efecto multitrayecto), a interferencias externas y al ruido impulsivo.

Las técnicas utilizadas en la difusión de la señal de TV digital hacen robusta la señal aunque se produzca el fenómeno multitrayecto.

Ruido impulsivo

La imagen de los receptores de TV digital puede presentar anomalías por una decodificación incorrecta de la señal COFDM si el ruido impulsivo es considerable: congelación momentánea de la imagen o desaparecer completamente.

El problema de las interferencias y del ruido impulsivo puede solucionarse con la elección de la antena adecuada (la mayoría de antenas actuales utilizan una caja blindada que minimiza el efecto del ruido impulsivo) y situar en un lugar adecuado la antena, lejos de ambientes interferentes.

Interferencias

Para solucionar el problema de las interferencias, ya sean de frecuencia única o de un canal interferente, existen diferentes alternativas:

- Utilizar una antena muy directiva, que atenúe suficientemente la señal interferente (Figura 4.10.a).

- Desviar un poco la antena para que la señal interferente se atenúe lo suficiente, aunque esta solución atenúa también la señal original (Figura 4.10.b).

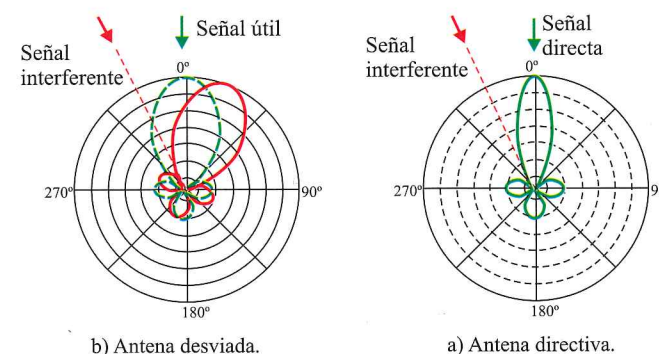


Figura 4.10. Soluciones a las interferencias.

Ejemplo 4.3. Corrección del efecto de una interferencia

En una instalación de la Figura 4.11.a se observa que el canal 43 de TV se interfiere por otro canal de la misma frecuencia que se recibe por una dirección de 90°. Esto provoca en el canal útil interferencias.

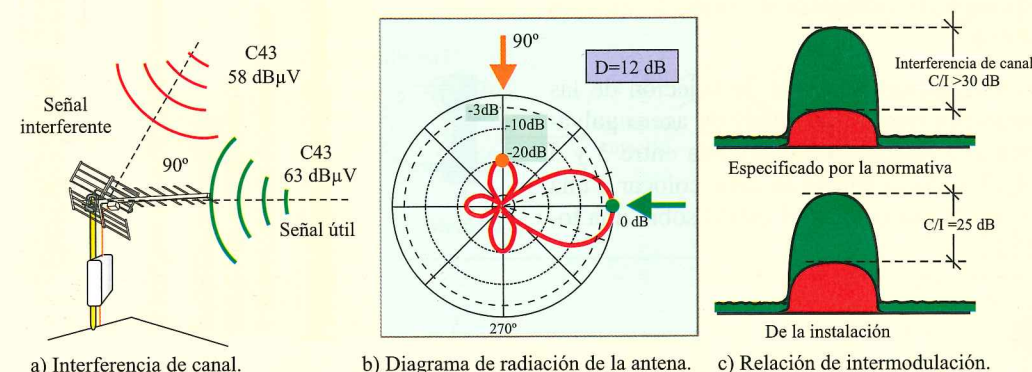


Figura 4.11. Ejemplo de interferencia de canal.

Del análisis del diagrama de radiación de la Figura 4.11.b se observa que el nivel de señal que se recibe de cada canal es el siguiente:

$$\text{Señal útil: } S_i = S_{ANT} + D = 63 \text{ dB}\mu\text{V} + 12 \text{ dB} = 75 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Señal interferente: } I = S_{ANT} + D - L(90^\circ) = 58 \text{ dB}\mu\text{V} + 12 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = 50 \text{ dB}\mu\text{V}$$

La interferencia que provoca la señal interferente sobre la señal útil puede evaluarse mediante la expresión C/I :

$$C/I = S_i - I = 75 \text{ dB}\mu\text{V} - 50 \text{ dB}\mu\text{V} = 25 \text{ dB}$$

Este valor, tal y como se muestra en la Figura 4.11.c es menor que el especificado por la normativa ($C/I < 30 \text{ dB}$), por lo que el canal provoca interferencias.

(continúa)

Ejemplo 4.3. Corrección del efecto de una interferencia

Para eliminar la interferencia se opta por cambiar la antena y escoger una que tenga un nulo de radiación en la dirección de 90°, eliminando completamente la señal interferente a la salida de la antena (Figura 4.12).

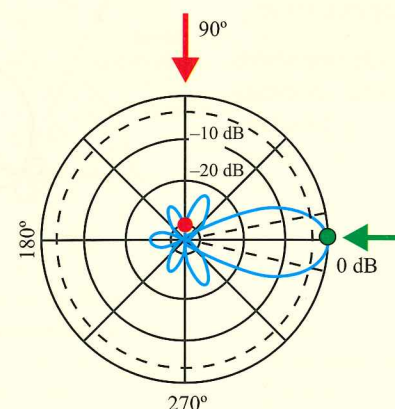


Figura 4.12. Diagrama de radiación de la nueva antena.

4.2.4. Mástiles

Las antenas se deben situar en un lugar elevado que permita una recepción directa libre de obstáculos, por lo que es necesaria la utilización de elementos de sujeción que garanticen este requisito.

El **mástil** es el elemento principal de sujeción de las antenas, constituido por uno o más tubos de acero galvanizado, que tienen una longitud comprendida entre 3 y 6 metros (Figura 4.13.a). Si la antena se debe colocar a una altura superior es necesario colocar el mástil sobre una torreta (Figura 4.13.b).

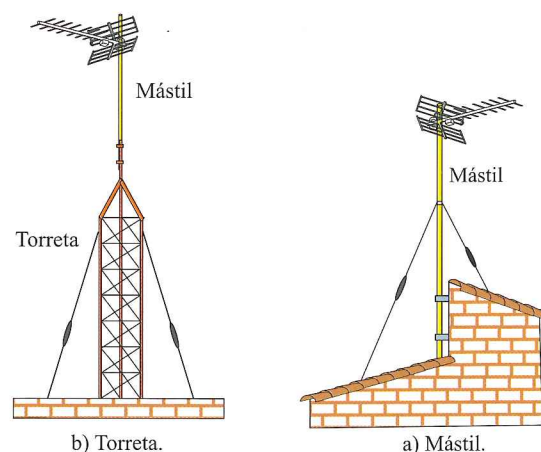


Figura 4.13. Utilización de mástiles y torretas para la sujeción de las antenas.

La Figura 4.14 muestra dos tipos de mástiles: los carraqueados y los telescópicos.

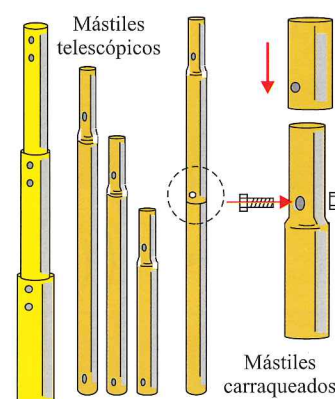


Figura 4.14. Tipos de mástiles.

Debido a que la longitud de los mástiles es superior a 3 m, su manipulación y transporte al lugar de instalación definitivo es difícil. Por ello los fabricantes suministran tubos de una longitud menor con uno de los extremos en forma de cuello de botella, denominados **mástiles carraqueados**, de forma que la altura deseada se consigue mediante la unión de varios de estos tubos. También es posible encontrar **mástiles telescópicos** donde la unión de estos se consigue mediante un tornillo de fijación a presión.

Finalmente, es necesario cerrar el tubo del mástil mediante una tapa de plástico hermética para evitar la entrada de agua en caso de lluvia.

Colocación de las antenas en el mástil

La colocación de las antenas sobre el mástil se realiza en tierra antes de instalarlo en su lugar de emplazamiento definitivo.

Los valores mínimos de separación entre las antenas dependen de la banda de recepción. Por ejemplo, con una separación mínima de 1 metro entre los diferentes puntos de fijación de las antenas, y entre estas y el muro o elemento de fábrica utilizado para el anclaje del mástil, se asegura la ausencia de interferencias. La Figura 4.15 muestra un ejemplo típico de instalación de las antenas sobre el mástil.

La Figura 4.16 muestra los elementos necesarios para la sujeción de la antena en el mástil. Las antenas se fijan sobre el mástil mediante grilletes especiales formados por un tornillo en forma de "U" con sus dos extremos roscados y una mordaza dentada en forma de "V". La barra de soporte de los elementos de la antena tiene dos orificios por los que entran los extremos roscados del grillete. Mediante tuercas y contratueras se consigue la unión del soporte de antena con el mástil.

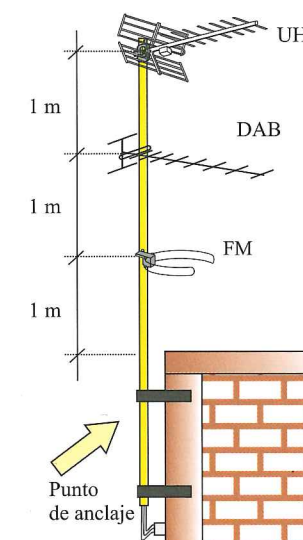


Figura 4.15. Ejemplo de instalación de las antenas sobre el mástil.

Fijación sobre la pared (Figura 4.17.a). Los fabricantes suministran diferentes soportes ideales para la fijación a la pared mediante tirafondos o mediante empotramiento.

Una solución es utilizar dos soportes de acero galvanizado, separados 700 mm, que tengan un espesor de 4 mm y un ancho de 30 mm.

4.2.5. Fijación del mástil

El mástil debe fijarse a elementos de fábrica totalmente resistentes y accesibles. La forma más habitual de fijación es sobre la pared o sobre el suelo.

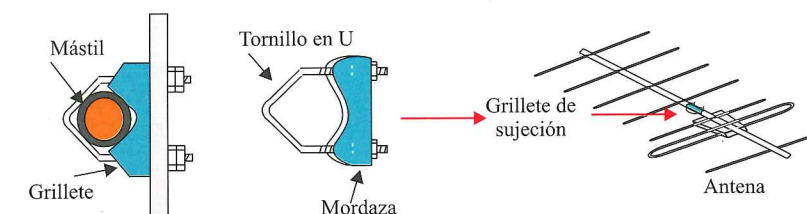


Figura 4.16. Sujeción de la antena al mástil.

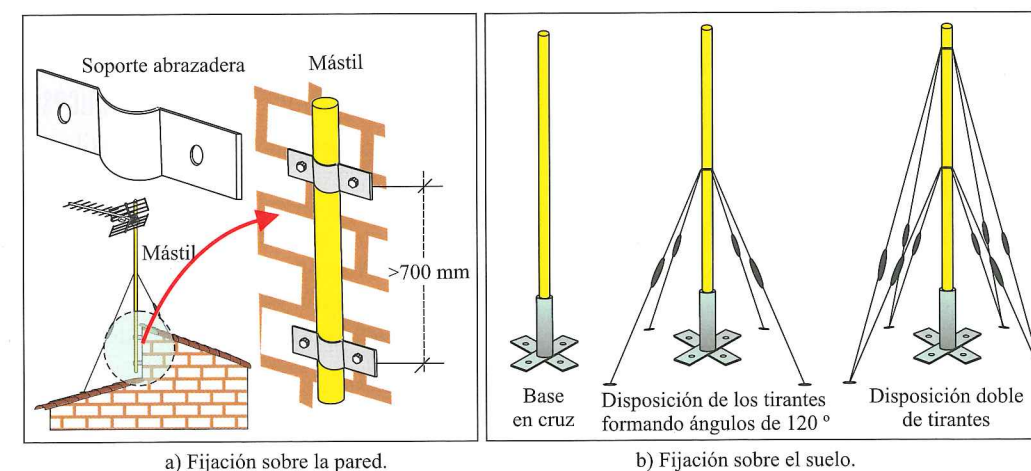


Figura 4.17. Fijación del mástil.

El mástil debe quedar totalmente vertical, siendo necesario la utilización de las herramientas adecuadas, tales como escuadras o niveles, que aseguren la perfecta colocación de los soportes.

Ejemplo 4.4. Instalación de un mástil sobre un muro

En el ejemplo de la Figura 4.18 los mástiles se montan utilizando varios tramos y se fijan a la pared mediante dos garras. Las garras se unen al muro empotradas en el hormigón, con una separación entre ellas de un metro. El mástil se fija a las garras con las abrazaderas.

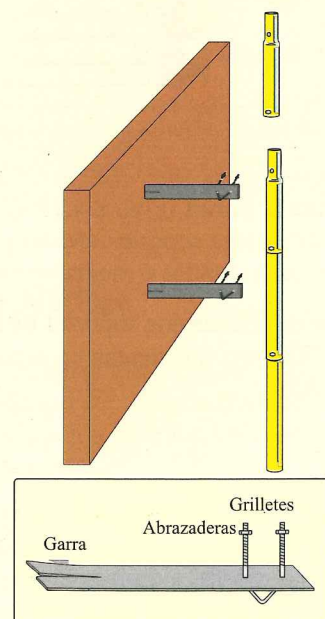


Figura 4.18. Ejemplo de instalación del mástil sobre un muro.

Fijación sobre el suelo (Figura 4.17.b). La forma habitual de fijación en el suelo se realiza mediante bases en cruz. Estos se fijan mediante tornillos y se protegen posteriormente para evitar la entrada de agua en caso de lluvia. El mástil se fija a la base mediante un tornillo prisionero que atraviesa el tubo de la base.

Si la sujeción es insuficiente, caso de mástiles elevados con varias antenas y zonas con fuertes vientos, es necesario asegurar el mástil mediante tirantes. Los **tirantes** son cables de acero galvanizado que se fijan por un lado al mástil y por el otro a elementos de obra.

El diámetro del cable utilizado dependerá del esfuerzo al que se somete el tirante. Los tirantes se disponen en grupos de cuatro formando un ángulo de 90° entre sí o en grupos de tres formando un ángulo de 120° .

En ocasiones, cuando la altura del mástil es elevada, puede ser recomendable realizar una disposición doble de tirantes. El ángulo de los tirantes respecto al mástil no está normalizado, pero hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea el ángulo mayor estabilidad tiene la fijación.

Para fijar el tirante al mástil se deben colocar los elementos de fijación adecuados, tales como placas, argollas y bridas para mástiles. En el otro extremo del cable, además de los elementos de fijación al suelo, es necesario incluir un elemento **tensor** para el tensado correcto de los tirantes.

Ejemplo 4.5. Fijación sobre el suelo de una torreta

Una solución para la fijación de torretas sobre el suelo es la utilización de una base específica para torreta (Figura 4.19). Esta se refuerza mediante tirantes que se fijan a la torreta mediante aprietacables y se tensan para que la torreta esté perfectamente vertical. Tanto la base de la torreta como los anclajes se deben empotrar en el suelo con hormigón.

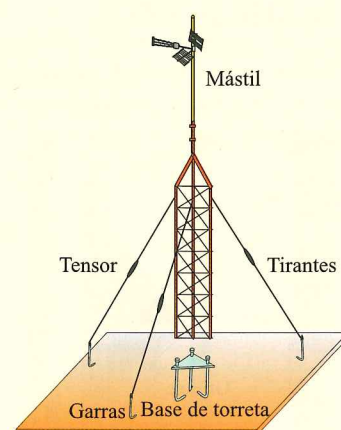


Figura 4.19. Ejemplo de instalación de una torreta.

Requisitos físicos y mecánicos de instalación de los mástiles

Para realizar una instalación se necesitan una serie de requisitos físicos, algunos de los cuales se resumen en la Figura 4.20. Además de una buena orientación hacia el repetidor de televisión más cercano, es necesario siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- Los mástiles y tubos que sirvan de soporte a las antenas deben estar siempre diseñados de forma que impidan o al menos dificulten la entrada de agua en ellos, y en todo caso, garantizan la evacuación de la que se pudiera recoger.

- Las antenas y elementos anexos: soportes, anclajes, riostras, etc., deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o tratados convenientemente a estos efectos.
- El mástil se situará en la parte más alta del edificio y se fijará a elementos de fábrica resistentes y accesibles, y alejados de chimeneas u otros obstáculos.
- El equipo receptor quedará en su totalidad dentro del campo de protección del pararrayos (si existiese) y a una distancia no inferior a 5 metros del mismo.
- Se procurará que la ubicación de las antenas esté libre de fuentes de interferencias, tales como letreros luminosos, calles con mucho tráfico y líneas eléctricas. La distancia mínima a líneas eléctricas será de 1,5 veces la longitud del mástil.
- Si existen otras antenas en el lugar de ubicación se procurará evitar la proximidad entre estas, siendo necesario mantener una distancia entre mástiles no inferior a 5 m y una diferencia de altura entre las antenas de al menos 1 m.
- Los mástiles de antenas se conectarán con la puesta a tierra del edificio a través del camino más corto posible y con cable de al menos 25 mm^2 de sección.
- Todas las partes accesibles que deben ser manipuladas o con las que el cuerpo humano pueda establecer contacto deberán estar a potencial de tierra o adecuadamente aisladas.
- Los cables de conexión serán del tipo intemperie o en su defecto deberán estar protegidos adecuadamente.
- Las antenas y elementos del sistema captador de señales soportarán las siguientes velocidades de viento:
 - Para sistemas situados a menos de 20 m del suelo: 130 km/h.
 - Para sistemas situados a más de 20 m del suelo: 150 km/h.

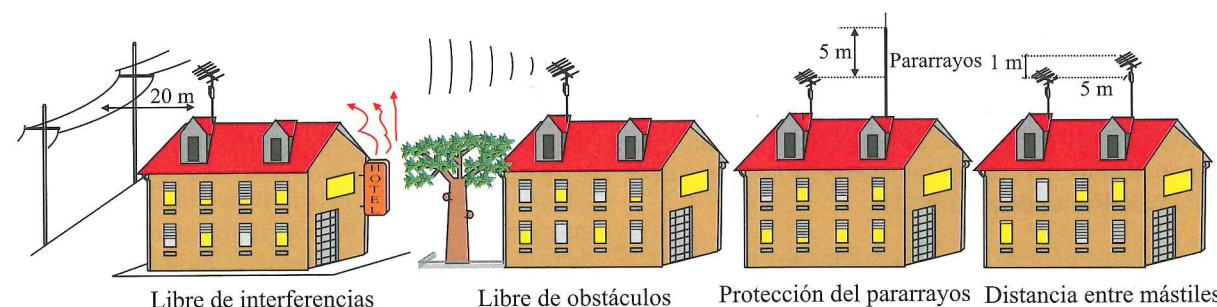


Figura 4.20. Ejemplos.

Sabías que...

Velocidades del viento superiores a los 118 km/h se considera temporal huracanado y pueden provocar olas excepcionalmente grandes, voladura de automóviles, árboles, techos y personas.

Recuerda:

La instalación se compone de las antenas, los cables que conectan las antenas con la entrada de los componentes del sistema de cabecera, el soporte de la antena con los medios de sujeción, del cable de puesta a tierra y de la toma de tierra. El instalador es el responsable de la instalación correcta de este sistema para evitar los daños materiales y humanos que puedan producirse en caso de una instalación defectuosa, por ejemplo en el caso de tormenta y viento.

4.2.6. Momento flector de la antena

Todos los sistemas de captación, sean terrestres o satélite, deben soportar la acción del viento sin deformaciones según la altura de su emplazamiento. Así, cuando el conjunto de antenas se instala hasta una altura de 20 m del suelo, estas deben soportar una velocidad del viento de hasta 130 km/h, y para emplazamientos a más de 20 m de altura las antenas deberían soportar 150 km/h, sin correr peligro su integridad.

Carga al viento

Las antenas deben resistir a los esfuerzos mecánicos y las inclemencias del tiempo. Cuando sopla el viento, las antenas están sometidas a una fuerza considerable, la cual se denomina **carga al viento** (Q). Estas fuerzas se deben a la

retención que presentan las antenas al aire en movimiento. Los fabricantes indican el valor de estas fuerzas para condiciones normales de viento. Valores típicos van desde de 10 N para antenas pequeñas, como por ejemplo las de FM, hasta valores superiores a los 100 N para las antenas parabólicas.

La carga al viento sobre las antenas, tal y como se muestra en la Figura 4.21, al estar instaladas en un mástil somete a este a un **momento flector** (M), que es la fuerza a la que se somete al mástil según el punto de sujeción de las antenas.

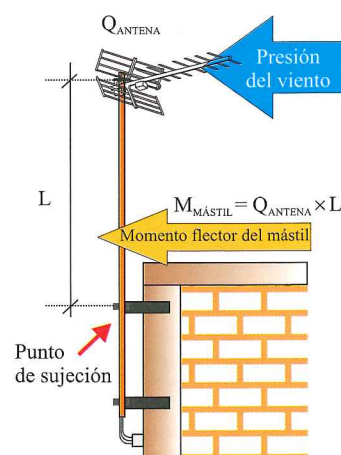


Figura 4.21. Momento flector de un mástil.

El momento flector provoca en el mástil un esfuerzo de compresión en una de las caras y un esfuerzo de tracción en la cara opuesta. El efecto de la deformación del mástil sometido a tracción/compresión se muestra en la Figura 4.22:

- Para valores de tensión pequeños, la deformación del mástil es inapreciable (1).
- Si la tensión aumenta, existe un determinado momento en el cual empieza la deformación. Aún así, si no se supera el punto de tensión máxima el mástil recupera su forma original cuando desaparece la tensión. Existe un punto de **límite elástico** a partir del cual el mástil no recuperaría su posición original y empezaría a deformarse (2).
- Si la tensión sigue aumentando, el tubo se dobla, llegando incluso a romperse si la tensión a la que está sometida aumenta considerablemente y supera el denominado **límite de rotura** (3).

Los fabricantes indican el **momento flector útil máximo** que puede soportar un mástil, incluyendo normalmente en este valor el momento de sujeción debido a la acción del viento sobre el propio tubo-soporte (mástil).

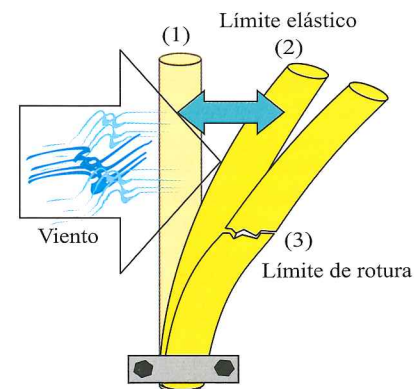


Figura 4.22. Comportamiento del mástil ante el efecto de viento.

■ ■ ■ Cálculo del momento flector

Para evaluar el momento flector a que está sometido el mástil se necesita conocer la carga al viento (Q) que presentan las antenas. Esta carga dependerá de la presión dinámica del viento (velocidad del viento) y de la superficie de la antena, ya que cuanto mayor sea esta última, mayor será la carga que presentará la antena al viento. La mayoría de fabricantes proporcionan este valor para dos velocidades del viento determinadas (130 km/h y 150 km/h). En la Tabla 4.6 se muestra la relación entre la velocidad del viento y la presión que realiza.

Tabla 4.6. Presión del viento en función de su velocidad.

Velocidad del viento	130 km/h	150 km/h
Presión del viento	800 N/m ²	1.100 N/m ²

El momento flector ($M_{\text{MÁSTIL}}$) que origina una antena dependerá de la carga al viento de la misma (Q_{ANTENA}) y de la distancia (L) al punto de anclaje del mástil (Figura 4.21):

$$M_{\text{MÁSTIL}} = Q_{\text{ANTENA}} \times L$$

Cuando en el mástil se sitúan diferentes antenas, el momento total del mástil (M_T) será la contribución de cada una de las antenas que forman el sistema:

$$M_T = M_1 + M_2 + \dots + M_N$$

En la Figura 4.23 se simplifica el proceso de cálculo al que se ve sometido el mástil. Este momento flector debe ser inferior al momento flector suministrado por el fabricante del mástil. En el caso de que el momento flector sea superior será necesario escoger otro mástil o utilizar tirantes para disminuir el punto de anclaje del mástil y, por tanto, el momento flector a que se somete el mástil.

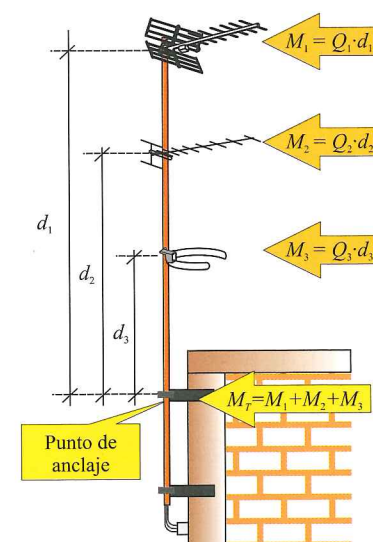


Figura 4.23. Cálculo del momento flector.

► Recuerda:

El momento flector es la característica que proporciona el fabricante para determinar la carga mecánica máxima que puede soportar un mástil sin doblarse a causa del viento.

► Recuerda:

Cuando se utilizan tirantes para fijar el mástil se modifica el punto de anclaje del mismo reduciendo la distancia a las antenas y, por tanto, disminuyendo el momento flector que sufre el mástil.

Ejemplo 4.6. Cálculo del momento flector de un mástil

La instalación del sistema captador de una ICT se realiza sobre un mástil de longitud 3 m. La altura del mástil sobre el suelo es mayor de 20 m, al ser un edificio de muchas plantas. Por tanto, según la normativa debemos evaluar el momento flector del mástil para una velocidad del viento de 150 km/h, siendo la presión del viento para esta velocidad de 1.100 N/m², dato que servirá para comprobar la carga al viento de las antenas utilizadas en el catálogo del fabricante.

Tabla 4.7. Datos de la carga al viento suministrado por el fabricante.

Antena	UHF	DAB	FM
Carga al viento	115 N	47 N	27 N
	165 N	60 N	37 N

El fabricante proporciona las características de las antenas (Tabla 4.7) y de los mástiles mostradas en la Tabla 4.8. El mástil debe ser capaz de soportar la carga de las antenas.

Tabla 4.8. Características técnicas de los mástiles.

Mástil	Ref. 0001	Ref. 0002	Ref. 0003
Longitud	3.000 mm	3.000 mm	3.000 mm
Diámetro	35 mm	40 mm	50 mm
Espesor	2 mm	2 mm	3 mm
Momento flector máximo	500 N × m	650 N × m	750 N × m

La instalación propuesta es la mostrada en la Figura 4.24. De la Tabla 4.7 obtenemos la carga al viento de cada una de las antenas:

$$Q_1 = 165 \text{ N} \quad Q_2 = 60 \text{ N} \quad Q_3 = 37 \text{ N}$$

(continúa)

Ejemplo 4.6. Cálculo del momento flector de un mástil

El momento flector a que está sometido el mástil es de $521 \text{ N} \times \text{m}$:

$$M_T = Q_1 \times d_1 + Q_2 \times d_2 + Q_3 \times d_3 = 165 \times 2,5 + 60 \times 1,5 + 37 \times 0,5 = 521 \text{ N} \times \text{m}.$$

Este momento flector no nos permite utilizar el mástil de referencia 0001 ($M_{\text{MÁX}} = 500 \text{ N} \times \text{m}$), pero sí los mástiles de referencia 0002 ($M_{\text{MÁX}} = 650 \text{ N} \times \text{m}$) y 0003 ($M_{\text{MÁX}} = 750 \text{ N} \times \text{m}$).

De la misma manera, para un edificio donde la altura de las antenas sea inferior a 20 m (presión del viento de 800 N/m^2), cada una de las antenas ofrece una carga al viento de $Q_1 = 115 \text{ N}$, $Q_2 = 47 \text{ N}$ y $Q_3 = 27 \text{ N}$.

El momento flector a que está sometido el mástil es:

$$M_T = Q_1 \times d_1 + Q_2 \times d_2 + Q_3 \times d_3 = 115 \times 2,5 + 47 \times 1,5 + 27 \times 0,5 = 371,5 \text{ N} \times \text{m}$$

En este caso, el mástil de ref. 0001 también será apropiado para nuestra instalación, ya que puede llegar a soportar hasta $500 \text{ N} \times \text{m}$.

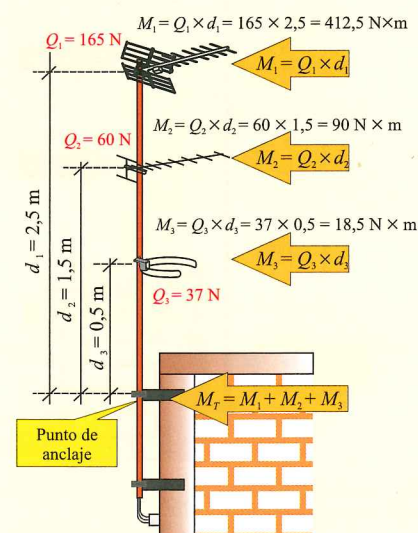
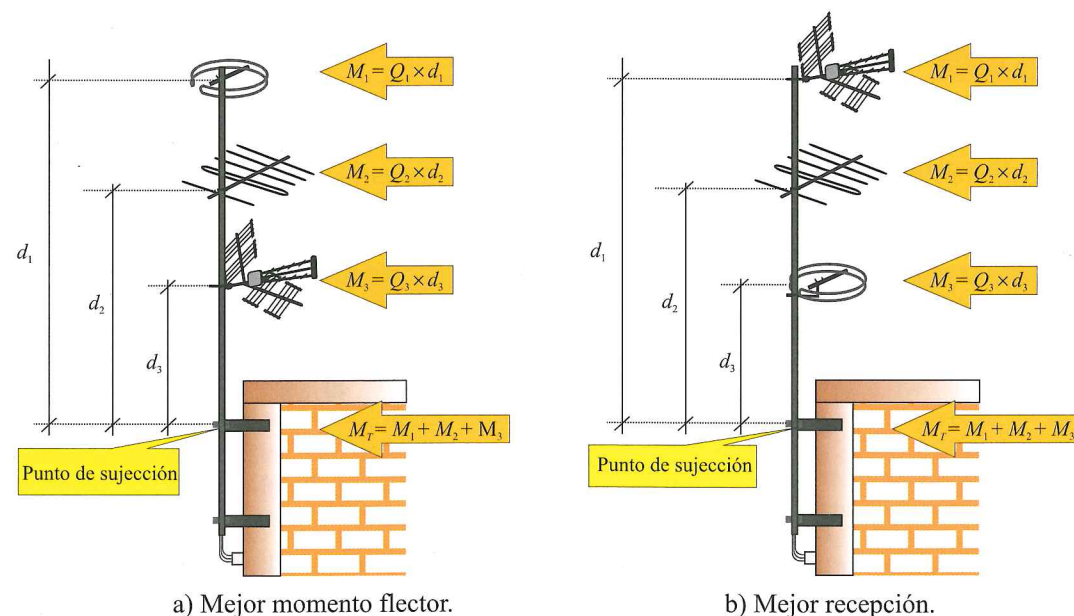


Figura 4.24. Ejemplo de cálculo del momento flector.

Recomendaciones de instalación de las antenas

Para obtener un mejor momento flector se recomienda disponer las antenas de mayor carga al viento lo más cerca de la base posible (Figura 4.25.a).

En ocasiones, esto origina un detrimento de la calidad, por lo que el criterio de una mejor recepción es situar las antenas de menor frecuencia lo más cerca de la base (Figura 4.25.b).



a) Mejor momento flector.

b) Mejor recepción.

4.2.7. Instalación de la antena

La recepción correcta de cada uno de los canales de televisión empieza por un buen apuntamiento de las antenas, de forma que se aproveche al máximo la intensidad de campo eléctrico que existe en el lugar de instalación.

La conexión de la antena al cable de bajada se realiza dentro de una **caja de antena**, de plástico cerrada herméticamente, donde entran los extremos del dipolo que se conecta al cable coaxial (Figura 4.26).

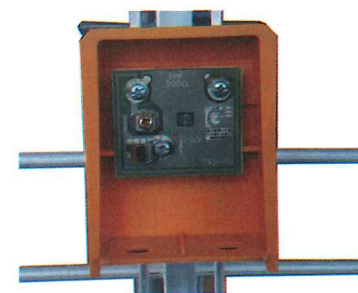


Figura 4.26. Caja de antena.

Recuerda:

Resulta importante la adaptación de impedancias entre la antena y el cable de bajada al equipo de cabeza, de forma que se consiga la máxima transferencia de potencia entre la antena y el resto del sistema.

4.2.8. Preamplificadores

Si la señal que se recibe de TV es muy débil es necesario utilizar preamplificadores que aumenten el nivel de señal sin empeorar de forma notable la relación portadora/ruido.

La alta ganancia y el reducido factor de ruido de estos elementos, garantizan la correcta recepción de la señal débil, ya que la figura de ruido de toda la instalación (F_{EQ}) queda fijada por la figura de ruido del preamplificador (F_{PREVIO}) utilizado:

$$F_{EQ} = F_{PREVIO}$$

Sabías que...

Siempre que sea posible se debe evitar la utilización de preamplificadores, ya que son elementos activos que se utilizan en la intemperie y, por tanto, son elementos que están expuestos a cambios de temperaturas y a las inclemencias meteorológicas.

4.2.9. Criterio de elección del equipo captador

Como norma general, el equipo captador de señales se diseña para garantizar una relación C/N_o óptima en la toma de usuario. La C/N_o y la C/N_i están relacionadas mediante la figura de ruido equivalente de la instalación:

$$C/N_o = C/N_i - F_{EQ}$$

Ejemplo 4.7. Evaluación de la C/N de una instalación con preamplificador

En el ejemplo de la Figura 4.27, el nivel de señal a la entrada de la antena es muy débil. El preamplificador asegura una calidad de la señal aceptable manteniendo la C/N_o a 41 dB. Al mismo tiempo, el preamplificador aumenta el nivel de señal de la salida de la antena lo suficiente para compensar las pérdidas de la red ($S_{TOMA} = 58 \text{ dB}\mu\text{V}$).

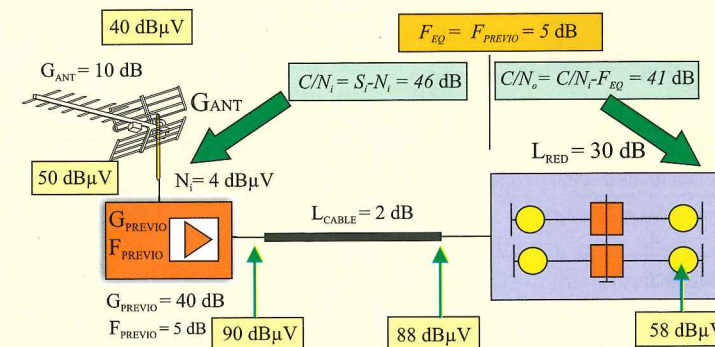


Figura 4.27. Utilización de un preamplificador.

Si relacionamos la señal de entrada a la antena con su señal de salida, se obtiene la expresión:

$$C/N_o = S_i - N_i - F_{EQ} = S_{ANT} + G_{ANT} - N_i - F_{EQ}$$

Por tanto, dada la C/N_o deseada podemos escoger una antena de ganancia adecuada (G_{ANT}) dependiendo del nivel de señal de entrada a la antena (S_{ANT}):

$$G_{ANT} > C/N_o \text{ DESEADA} - S_{ANT} + N_i + F_{EQ}$$

Sabías que...

El diseño del sistema captador siempre se realiza para los canales de TV cuyo nivel de señal recibida sea más bajo.

Sabías que...

Existen diferentes criterios para el diseño del sistema captador, aunque siempre están relacionados, por lo que independientemente del criterio utilizado siempre deben garantizar un nivel de señal adecuado en cada toma de usuario de la instalación y una calidad suficiente de la señal (C/N_o).

Sabías que...

La antena patrón puede ser tanto una antena isotrópica que radia exactamente lo mismo en todas las direcciones, como una antena dipolo. En ausencia de antenas patrón se utiliza una antena con ganancia conocida como referencia para evaluar el nivel que se recibe en un determinado lugar.

Ejemplo 4.8. Elección de la antena del sistema de captación

Antes de realizar el diseño de una instalación es necesario conocer el nivel de señal que se recibe a pie de antena en el lugar de instalación, que entre otros factores dependerá de la potencia que irradia el centro emisor y de la distancia de este al lugar de instalación.

Es común utilizar una **antena patrón** para evaluar la señal recibida. Una antena patrón es una antena de ganancia conocida, de manera que permita evaluar el nivel de señal real que se recibe en la instalación.

En el ejemplo de la Figura 4.28, con una antena patrón de una ganancia de 10 dB se recibe un nivel de señal de 45 dBμV. El nivel de señal a la entrada de la antena, por tanto, es de 35 dBμV:

$$S_{ANT} = S_i - G_{ANT} (\text{patrón}) = 45 \text{ dBμV} - 10 \text{ dB} = 35 \text{ dBμV}$$

Se desea calcular la ganancia necesaria para obtener una calidad de imagen óptima ($C/N_o = 30 \text{ dB}$), dejando un margen de 5 dB sobre la C/N especificada por la normativa. Las características de la instalación se muestran en la Figura 4.28 y son:

- Señal de ruido a la salida de la antena (N_i): 4 dBμV (ruido típico para un canal digital).
- Señal recibida a la entrada a la antena (S_{ANT}): 35 dBμV.
- Atenuación del cable de bajada de la antena al amplificador (L_{CABLE}): 0,5 dB.
- Características del amplificador utilizado: $G_{AMP} = 36 \text{ dB}$, $F_{AMP} = 7 \text{ dB}$.
- Atenuación que introduce la red de distribución (L_{RED}): 30 dB.

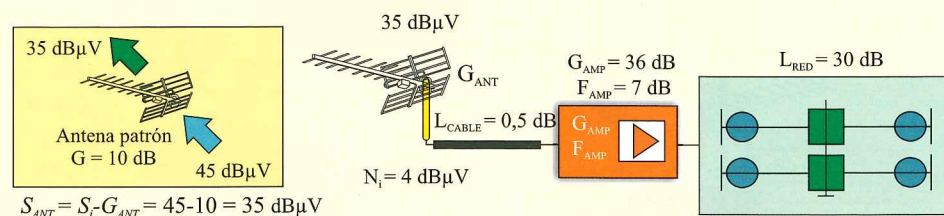


Figura 4.28. Elección de la ganancia de la antena.

Para estos valores, la figura de ruido equivalente aproximada de la instalación es de 7,5 dB:

$$F_{EQ} = F_{CABLE} + F_{AMP} = L_{CABLE} + F_{AMP} = 0,5 \text{ dB} + 7 \text{ dB} = 7,5 \text{ dB};$$

Para obtener una relación C/N_o de 30 dB, la ganancia de la antena debe ser como mínimo de 6,5 dB:

$$G_{ANT} > C/N_o - S_{ANT} + N_i + F_{EQ} = 30 \text{ dB} - 35 \text{ dBμV} + 4 \text{ dBμV} + 7,5 \text{ dB} = 6,5 \text{ dB}$$

A partir del catálogo se escoge una antena con una ganancia mayor de 6,5 dB, por ejemplo de 12 dB. Con esta antena, el nivel de señal y la C/N_o en la toma de usuario son de 52,5 dBμV y de 35,5 dB respectivamente (Figura 4.29).

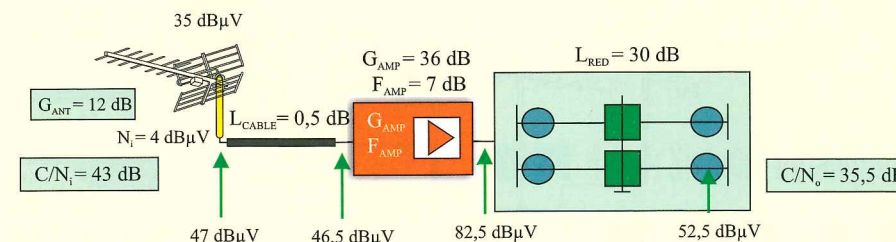


Figura 4.29. Niveles de señal en la red.

Sabías que...

Aunque la normativa especifica una C/N_o de 25 dB para un canal de TV digital terrestre, es recomendable siempre añadir un margen de seguridad durante el diseño.

Sabías que...

En condiciones normales de recepción, la antena no será condicionante para distribuir en condiciones óptimas la señal de TV hasta la toma de usuario: cualquier antena puede ser buena con un mínimo de ganancia.

estén ecualizados, ya que la ganancia de cada amplificador se puede regular por separado.

4.3.1. Sistemas de amplificación de banda ancha

Se puede utilizar un amplificador de banda ancha (Figura 4.30) cuando solo es necesario ecualizar en banda, en cambio, cuando es necesario ecualizar por canal, debido a que los niveles de cada uno de los canales son muy dispares dentro de una misma banda, se utilizan amplificadores monocanal.



Figura 4.30. Amplificador de banda ancha.

4.3. Equipo de cabeza

Las instalaciones de antenas colectivas admiten diferentes clasificaciones en función del sistema de amplificación utilizado:

- **Instalaciones con amplificación en banda ancha.** Se deben utilizar fundamentalmente cuando el número de canales que se desea amplificar es pequeño o cuando el número de usuarios es reducido (pocas tomas de usuario). En todo caso, el nivel de señal recibido de los canales de cada banda debe estar ecualizado.
- **Instalaciones con amplificación monocanal.** La utilización de amplificadores monocanal permite obtener mayores niveles de tensión de salida cuando aumenta el número de canales que se desea amplificar. Además, es un sistema muy inmune a las interferencias y no es necesario que los niveles de entrada

La diferencia de nivel, a la salida de la cabecera, entre canales de la misma naturaleza, no debe ser superior a 3 dB.

Además, la normativa de la ICT, con carácter general, limita el uso de cualquier tipo de central amplificadora o amplificador de banda ancha a las edificaciones en las que el número de tomas servidas desde la cabecera sea inferior a 30.

Ejemplo 4.9. Amplificación de banda ancha de canales ecualizados

La Figura 4.31 muestra la utilización de un amplificador de banda ancha que amplifica canales ecualizados a su entrada. El nivel medido a la salida de la antena es de 72 dBμV para todos los canales. El cable de bajada de la antena al amplificador introduce una atenuación de 2 dB. El nivel de señal a la entrada del amplificador es de 70 dBμV. Para obtener un nivel de salida de 100 dBμV, el amplificador se ajusta a una ganancia de 30 dB.

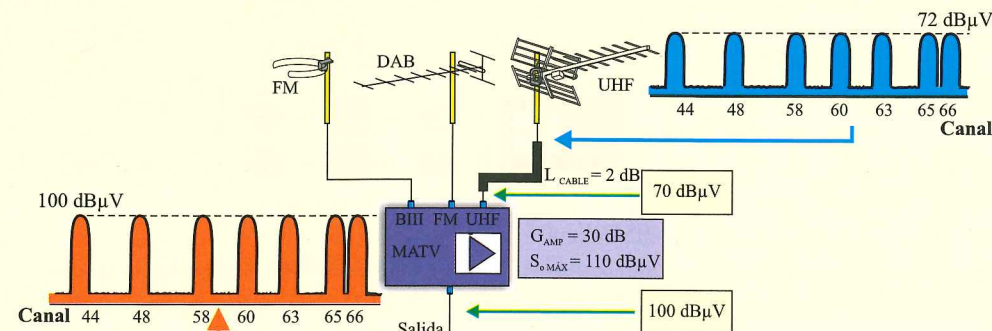


Figura 4.31 Amplificación de canales ecualizados.

Reducción del nivel de salida de los amplificadores

Los niveles de tensión de salida de un amplificador están limitados por la intermodulación de los canales presentes a la entrada del amplificador, por lo que los niveles de salida que especifica el fabricante se deben reducir cuando el número de canales a amplificar es mayor de dos. En este caso, es necesario reducir el nivel de salida de acuerdo con la Tabla 4.9.

Tabla 4.9. Reducción de nivel de salida RF en amplificadores de banda ancha.

Número de canales	2	3	4	5	6	7	8	9
Reducción del nivel de salida (dB)	0	2	3,5	4,5	5	5,5	6	6,5

También puede utilizarse la expresión siguiente para evaluar la reducción del nivel de salida (R) de un amplificador en función del número de canales (N) que amplifica:

$$R = 7,5 \times \log(N - 1)$$

Por ejemplo, en un amplificador de banda ancha que amplifica 15 canales, el nivel máximo de salida se reduce en 8,6 dB:

$$R = 7,5 \times \log(N - 1) = 7,5 \times \log(15 - 1) = 8,6 \text{ dB}$$

Ejemplo 4.10. Cálculo del nivel de salida máximo de un amplificador de banda ancha

En el ejemplo de la Figura 4.31 se amplifican 7 canales de UHF. La reducción del nivel de la señal máxima de salida según la Tabla 4.9 es de 5,5 dB. El nivel de señal máximo ($S_{o\text{MÁX}}$) que puede suministrar el amplificador cuando amplifica 7 canales es de 104,5 dBμV:

$$S_{o\text{MÁX}}' = S_{o\text{MÁX}} - R = 110 \text{ dBμV} - 5,5 \text{ dB} = 104,5 \text{ dBμV}$$

Como el amplificador del ejemplo se ajusta a 100 dBμV, no se producirá intermodulación a la salida.

4.3.2. Ejemplo de utilización de los amplificadores de banda ancha

Utilizar amplificadores de banda ancha es más complicado que utilizar amplificadores monocanal, debido a que es necesario que el nivel de entrada de los canales de cada banda esté ecualizado. Por esto, para la utilización de un sistema de amplificación de banda ancha, es preciso utilizar los elementos que garanticen que a la entrada del amplificador los canales tengan un nivel de señal similar. Esto se consigue mediante filtros, atenuadores, ecualizadores, etc.

Si los niveles de entrada están ecualizados, no es necesario utilizar ningún elemento auxiliar.

Los amplificadores de banda ancha, como el de la Figura 4.32, normalmente disponen de diferentes entradas (FM, DAB, UHF, FI), de las cuales normalmente existen más de una para amplificar la banda de UHF, cada entrada con su propio regulador de ganancia.

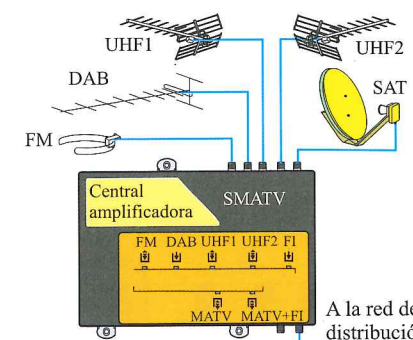


Figura 4.32. Entradas típicas de un amplificador de banda ancha.

Si los canales de UHF se reciben por direcciones diferentes es necesario utilizar dos antenas orientadas correctamente. En el caso de utilizar un amplificador con diferentes entradas para UHF, tal y como se muestra en la Figura 4.33, es suficiente que los canales recibidos por cada banda estén ecualizados para cada dirección, adecuándose los niveles con el atenuador del amplificador.

Sabías que...

Los amplificadores de banda ancha pueden ecualizar por bandas si dentro de cada banda los niveles de cada canal son parecidos. La ecualización por bandas se realiza añadiendo atenuadores ajustables para cada banda, que pueden estar incorporados en el propio amplificador o bien conectados entre la línea de conexión a la antena y la entrada del amplificador.

Sabías que...

La normativa ICT permite el uso de amplificadores de banda ancha en instalaciones que den servicio a un número de tomas mayor de 30, siempre que los equipos sean capaces de garantizar que, entre canales de la misma banda, la diferencia de nivel a la salida de la cabecera será inferior a 3 dB (en los canales de la misma naturaleza).

4.3.3. Sistema de amplificación monocanal

Cuando se utiliza un sistema de amplificación con amplificadores monocanal, se utilizan tantos amplificadores como canales se desea recibir (Figura 4.34). Estos amplificadores aumentan la amplitud de la señal del canal sintonizado y, además, incorporan un regulador para ajustar el nivel de señal de salida.

Este tipo de amplificación es adecuado cuando los canales de entrada no están ecualizados y es la solución adoptada en la mayoría de instalaciones de la ICT.

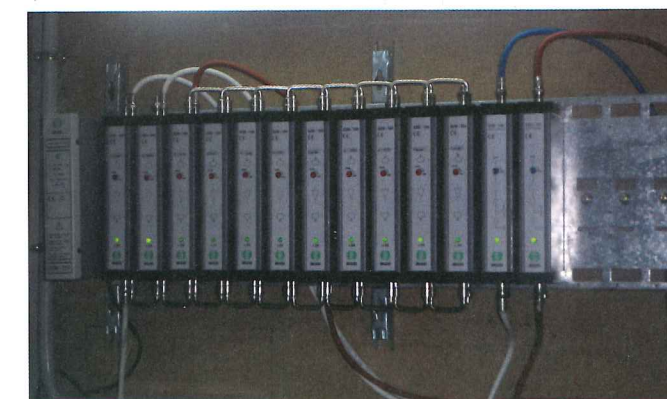


Figura 4.34. Equipo de cabeza multicanal.

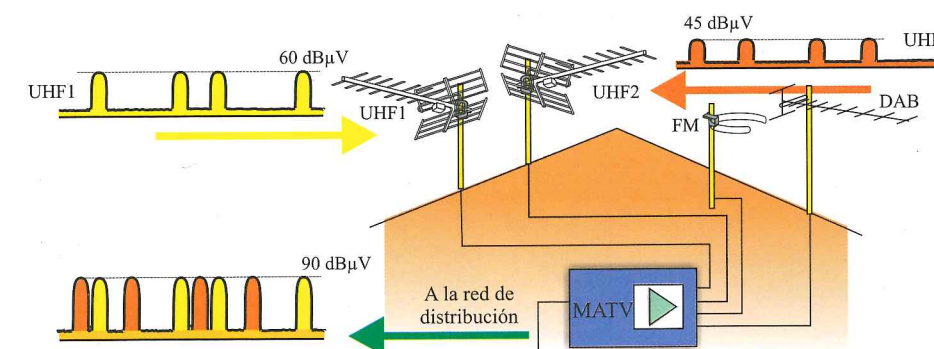


Figura 4.33. Recepción por direcciones diferentes con un amplificador con dos entradas para la banda de UHF.

Ejemplo 4.11. Ecualización por canales

Una de las principales ventajas de un sistema de amplificación monocal es que permite ecualizar las señales de entrada del sistema, ya que cada amplificador se puede ajustar a una ganancia diferente.

En el ejemplo de la Figura 4.35, para conseguir 100 dBμV a la salida, la ganancia de cada uno de los amplificadores se ajusta a $G_{29} = 30$ dB, $G_{36} = 35$ dB, $G_{41} = 20$ dB, $G_{44} = 32$ dB y $G_{56} = 25$ dB respectivamente. La ganancia necesaria está dentro del margen de regulación del amplificador: $G_{AMP} = 20 - 40$ dB.

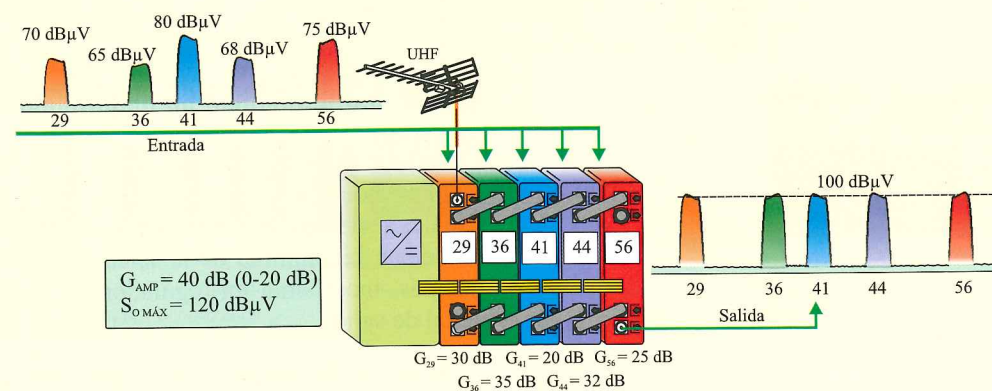


Figura 4.35. Ecualización mediante amplificadores monocal.

Tipos de amplificadores monocal

En función del ancho de banda y de la selectividad (Figura 4.36) se pueden clasificar diferentes tipos de amplificadores monocal:

- **Amplificadores monocal.** Permiten amplificar un único canal. Existen de dos tipos:
 - **Convencional.** Los amplificadores monocal convencionales amplifican un único canal ($Bw = 8$ MHz) y son poco selectivos al canal adyacente. Estos amplificadores son de aplicación general y se pueden utilizar cuando no existen canales adyacentes (Figura 4.37.a).

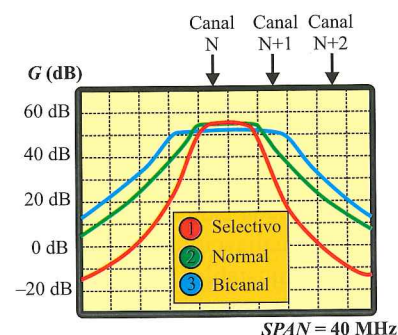


Figura 4.36. Comparación entre diferentes amplificadores selectivos.

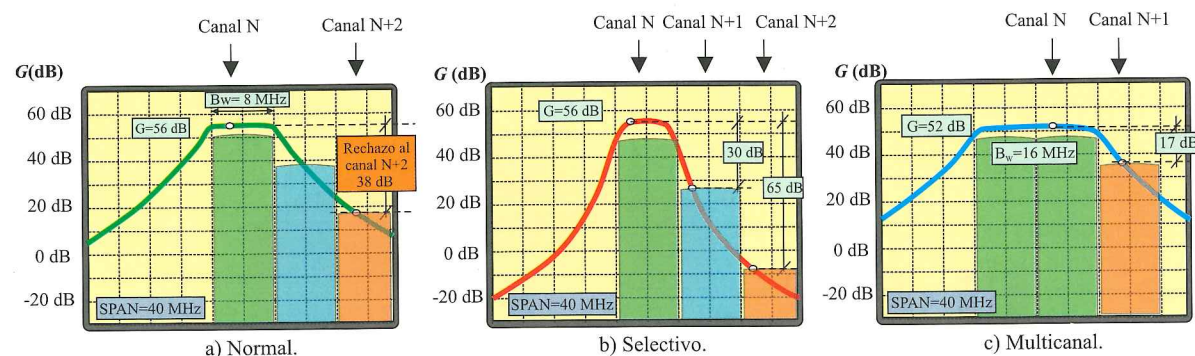


Figura 4.37. Respuesta en frecuencia de un amplificador monocal.

— **Selectivo.** En los amplificadores monocal selectivos (Figura 4.37.b), la respuesta en frecuencia es muy selectiva, por lo que el filtrado es bueno, de manera que es posible amplificar en presencia de canales adyacentes.

- **Multicanal.** Un amplificador multicanal permite amplificar dos, tres o cuatro canales adyacentes de manera simultánea (Figura 4.37.c). El ancho de banda del amplificador es, por tanto, de 16, 24 o 32 MHz dependiendo del número de canales que amplifica.

La Figura 4.38 muestra un amplificador multicanal y otro monocal.

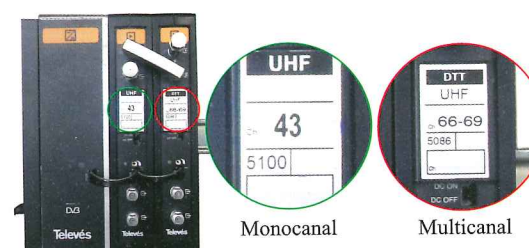


Figura 4.38. Tipos de amplificadores.

Sabías que...

Dos canales son adyacentes cuando se distribuyen en canales de RF consecutivos.

Sabías que...

Con la aparición de amplificadores monocal con una respuesta en frecuencia selectiva no se producen interferencias cuando se transmiten dos canales contiguos en frecuencia. Antigamente la canalización CCIR preveía una separación de dos canales libres ($N + 3$) entre canales ocupados para la transmisión en la banda de UHF. Estos eran los denominados canales incompatibles, que facilitaban la amplificación en el equipo de cabeza.

Sabías que...

En la actualidad, desde el apagón analógico, ya no conviven los canales digitales con los analógicos, por lo que se eliminan los problemas de interferencias y se facilita la instalación del equipo de cabecera.

Ejemplo 4.12. Recepción de un grupo de canales digitales adyacentes

La banda de frecuencias de 830 a 862 MHz hasta la aparición del dividendo digital, estaba reservada a la difusión de los canales digitales, por lo que era común la presencia de dos, tres o cuatro canales digitales adyacentes.

La solución general para la recepción de dos o más canales adyacentes es la siguiente:

- Utilizar un amplificador multicanal para recibir todos los canales digitales, si estos están ecualizados (Figura 4.39.a).
- Utilizar un amplificador monocal selectivo para cada uno de los canales digitales cuando las señales de entrada de los canales no se encuentren ecualizados (Figura 4.39.b).

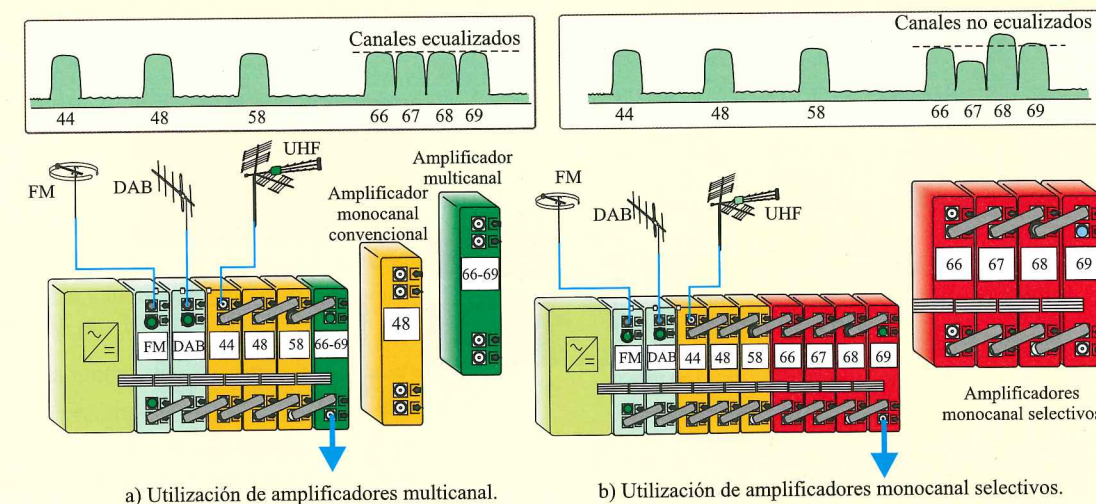


Figura 4.39. Amplificación de canales adyacentes.

4.3.4. Diseño del equipo de cabecera

El diseño del equipo de cabecera empieza con la elección del tipo de sistema de amplificación.

En general siempre es recomendable la utilización de un sistema de amplificación monocanal. Cuando el nivel de señal de los canales de entrada esté ecualizado y el nivel de salida necesario no sea elevado (pocos usuarios) se puede utilizar un sistema de amplificación de banda ancha.

Nivel de salida

El dato más importante que debe calcularse para definir la cabecera es el **nivel mínimo de señal** necesario que debe entregar a la red de distribución ($S_{o\text{MIN}}$) para compensar las pérdidas de la red de distribución. Este nivel se calcula sin más que sumar el nivel mínimo necesario en la toma según la normativa ($S_{\text{MIN TOMA}}$) con las máximas pérdidas de la red de distribución ($L_{\text{MÁX RED}}$):

$$S_{o\text{MIN}} > S_{\text{MIN TOMA}} + L_{\text{MÁX RED}}$$

También es necesario tener en cuenta que el nivel de señal en la toma más favorable (menor atenuación) no tenga un exceso de señal, por encima de la especificada por la normativa ($S_{\text{TOMA}} < S_{\text{MÁX TOMA}}$). Para ello, el **nivel máximo de señal** que debe entregar el amplificador ($S_{o\text{MÁX}}$) es:

$$S_{o\text{MÁX}} < S_{\text{MÁX TOMA}} + L_{\text{MÍN RED}}$$

El nivel de salida del amplificador (S_o) debe ajustarse en un valor intermedio, teniendo en cuenta de no superar el nivel máximo de salida especificada por el fabricante del amplificador:

$$L_{\text{MÁX RED}} + S_{\text{MIN TOMA}} < S_o < L_{\text{MÍN RED}} + S_{\text{MÁX TOMA}}$$

Como norma general, el amplificador se ajustará a un nivel promedio:

$$S_o = \frac{S_{o\text{MÁX}} + S_{o\text{MÍN}}}{2}$$

A partir del catálogo se elige un sistema de amplificación con un nivel de señal de salida adecuado. Con la elección del amplificador queda definida también su ganancia (G_{AMP}) y la figura de ruido (F_{AMP}).

Recuerda:

Para evitar la distorsión nunca debe superarse el nivel de salida máximo especificado por el fabricante del amplificador. En el caso de un amplificador de banda ancha es necesario tener en cuenta la reducción del nivel máximo de salida especificado por el fabricante en función de la reducción (R) por número de canales a amplificar cuando este es mayor de dos.

El nivel de salida máximo que debe suministrar el amplificador es de 94 dBμV:

$$S_{o\text{MÁX}} < L_{\text{MÍN}} + S_{\text{MÁX TOMA}} = 24 \text{ dB} + 70 \text{ dBμV} = 94 \text{ dBμV}$$

El nivel de salida mínimo que debe suministrar el amplificador es de 82 dBμV:

$$S_{o\text{MÍN}} > L_{\text{MÁX}} + S_{\text{MÍN TOMA}} = 35 \text{ dB} + 47 \text{ dBμV} = 82 \text{ dBμV}$$

El nivel de salida del amplificador (S_o) se ajustará a 88 dBμV:

$$S_o = \frac{S_{o\text{MÁX}} + S_{o\text{MÍN}}}{2} = \frac{94 + 82}{2} = 88 \text{ dBμV}$$

El nivel de señal en la toma más y menos favorables es:

$$S_{\text{MÍN}} = S_o - L_{\text{MÁX}} = 88 \text{ dBμV} - 35 \text{ dB} = 53 \text{ dBμV}$$

$$S_{\text{MÁX}} = S_o - L_{\text{MÍN}} = 88 \text{ dBμV} - 24 \text{ dB} = 64 \text{ dBμV}$$

El nivel de señal en el resto de tomas está comprendido en este margen:

$$53 \text{ dBμV} < S_{\text{TOMA}} < 64 \text{ dBμV}$$

Recuerda:

La normativa especifica un nivel de señal comprendido entre 47 dBμV ($S_{\text{MIN TOMA}}$) y 70 dBμV ($S_{\text{MÁX TOMA}}$) para la señal de TDT (COFDM-TV).

Recuerda:

Todos los amplificadores disponen de un control para modificar la ganancia un margen determinado, normalmente 20 dB.

Ganancia

Para conseguir el nivel de señal que debe suministrar un amplificador (S_o) es necesario que el amplificador amplifique el nivel de señal a su entrada (S_i). Para conseguir este nivel de señal de salida, la ganancia del amplificador (G_{AMP}) tiene que ser la adecuada, de forma que pueda amplificar el nivel de señal que proviene de la antena:

$$G_{\text{AMP}} = S_o - S_i$$

Sabías que...

Si no hay disponibles en el mercado amplificadores comerciales con la ganancia necesaria, existen diferentes soluciones que se pueden adoptar:

- Utilizar una antena con una ganancia más elevada.
- Utilizar un preamplificador.
- Ajustar el nivel de salida del amplificador más bajo, siempre y cuando se cumpla $S_{\text{MÍN}}$ en las tomas.
- Redimensionar la red de distribución para reducir las pérdidas.

Ejemplo 4.14. Selección de la ganancia de los amplificadores de una instalación

En el ejemplo de la Figura 4.40, el nivel de señal de salida del amplificador (S_o) necesario por compensar las pérdidas de la red de distribución es de 88 dBμV. A la entrada del amplificador ($S_{i\text{AMP}}$) para el canal más favorable hay 68 dBμV. La ganancia mínima que debe tener el amplificador es de 30 dB:

$$G_{\text{AMP}} > S_o - S_i = 88 \text{ dBμV} - 58 \text{ dBμV} = 30 \text{ dB}$$

La ganancia adecuada se consigue modificando la atenuación del atenuador regulable que incorpora.

Para el canal más desfavorable, el nivel de señal a la entrada del amplificador es de 58 dBμV, por lo que la ganancia necesaria es de:

$$G_{\text{AMP}} > S_o - S_i = 88 \text{ dBμV} - 48 \text{ dBμV} = 40 \text{ dB}$$

El amplificador tiene el margen de regulación adecuado, ya que puede regular la ganancia entre 20 y 40 dB.

Ejemplo 4.13. Selección del nivel de salida de los amplificadores

La utilización de un equipo de cabecera formado por amplificadores monocanal en la instalación de la Figura 4.40 es inevitable debido a que los canales de entrada no están ecualizados, ya que hay una diferencia de 10 dB entre el canal de mayor señal y el de menor señal.

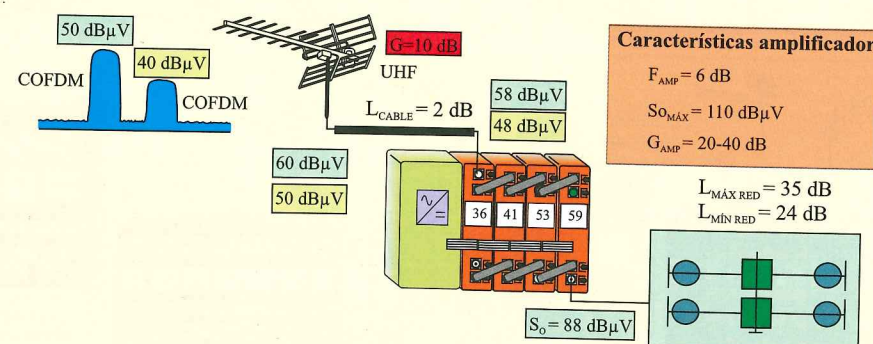


Figura 4.40. Ejemplo.

Las pérdidas de la red de distribución del ejemplo de la Figura 4.40 están comprendidas entre 24 y 35 dB.

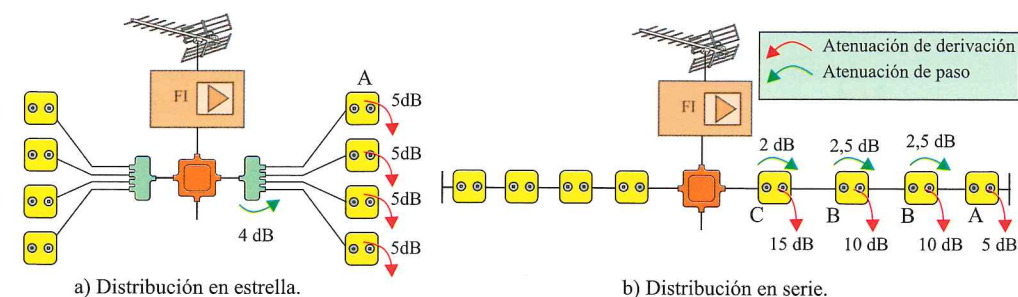


Figura 4.44. Red interior de usuario.

Tabla 4.10. Características de la red para la señal COFDM-DAB y COFDM-TV.

Parámetro	Banda 47 MHz- 862 MHz
Impedancia	75 Ω
Pérdidas de retorno en cualquier punto	≥ 6 dB
Respuesta amplitud/frecuencia en canal	± 3 dB en toda la banda
Respuesta amplitud/frecuencia en banda	≤ 16 dB
Desacoplo entre tomas de distintos usuarios	47 MHz < f < 300 MHz: ≥ 38 dB 300 MHz < f < 862 MHz: ≥ 30 dB

4.5. ICT

Las tres grandes partes que forman una instalación de la ICT son comunes a las instalaciones convencionales:

- **Sistema captador de señal.**
- **Sistema de tratamiento de la señal o equipo de cabeza.**
- **Red.** La red de una ICT se estructura en los tres tramos que se muestran en la Figura 4.45:

— **Red de distribución.** Parte de la red que enlaza el equipo de cabeza con la red de dispersión. Comienza a la salida del dispositivo de mezcla que agrupa las señales procedentes de los diferentes conjuntos de elementos de captación y adaptación de emisiones de radiodifusión sonora y televisión, y finaliza en los elementos que permiten la segregación de las señales a la red de dispersión (derivadores).

— **Red de dispersión.** Parte de la red que enlaza la red de distribución con la red interior de usuario. Empieza en los derivadores que proporcionan la señal procedente de la red de distribución y finaliza en los puntos de acceso al usuario.

— **Red interior de usuario.** Parte de la red que, enlazando con la red de dispersión en el punto de acceso al usuario, permite la distribución de las señales en el interior de los domicilios o locales de los usuarios.

Dentro de la red se definen dos puntos de referencia:

- **Punto de acceso al usuario (PAU).** Es el elemento en el que comienza la red interior del domicilio del usuario, permitiendo la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías. Se ubica en el interior del domicilio del usuario y permite a este la selección del cable de la red de dispersión que desee.
- **Base de acceso de terminal (BAT).** Es el dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes servicios que esta proporciona. La BAT de una instalación, por tanto, es la toma de usuario de una instalación.

► Recuerda:

Una base de acceso de terminal (BAT) es la toma de usuario donde se conectan los equipos del cliente.

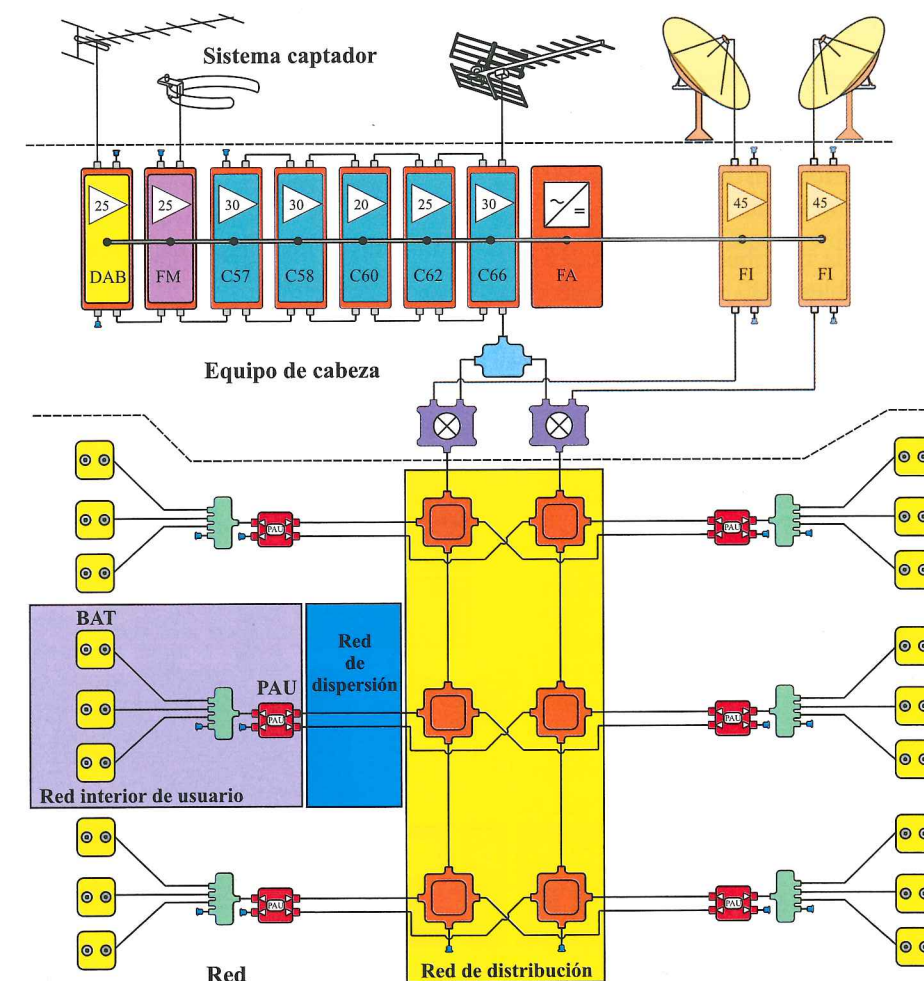


Figura 4.45. Partes que componen la red de distribución de la señal de televisión.

4.5.1. Instalación compatible con la ICT

La red de una ICT debe distribuir dos cables coaxiales independientes que finalizan en el PAU, donde empieza la instalación interior de usuario, que se realiza en estrella. Por tanto, para que una instalación sea compatible con la ICT se debe incluir nuevos elementos respecto de una instalación convencional:

- Los elementos combinadores que permitan la distribución conjunta de la salida del equipo de cabeza terrestre (TV y radio terrestre) y de la salida del equipo de cabeza satélite (FI).
- El PAU, que permite elegir en la toma de usuario la señal procedente de cada cable de bajada.

4.5.2. Sistema de captación

El **sistema de captación** debe disponer de los elementos necesarios para la captación y adaptación de las señales de radiodifusión sonora y televisión terrestres. En este sentido, una instalación ICT no difiere de una instalación convencional.

La instalación del sistema de captación satélite no es obligatoria, aunque deberá reservarse espacio físico suficiente, libre de obstáculos, en la parte superior del inmueble para la instalación de los elementos de captación para la recepción de las señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite, cuando estos no formen parte de la instalación inicial.

4.5.3. Equipo de cabeza

Además de los amplificadores y de otros elementos complementarios, el **equipo de cabeza** debe disponer de un elemento que realice la función de mezcla para facilitar la incorporación a la red de distribución de las señales procedentes del sistema de captación satélite.

La Figura 4.46 muestra la distribución de señales en cada ramal. En uno de los cables de bajada se distribuye la señal de TV terrestre junto la señal de FI de uno de los equipos de cabeza satélite. En el otro cable se distribuye la señal de FI satélite del segundo equipo de cabeza, además de la señal de TV terrestre. Como se observa, en los dos cables de bajada está presente la señal de TV terrestre.

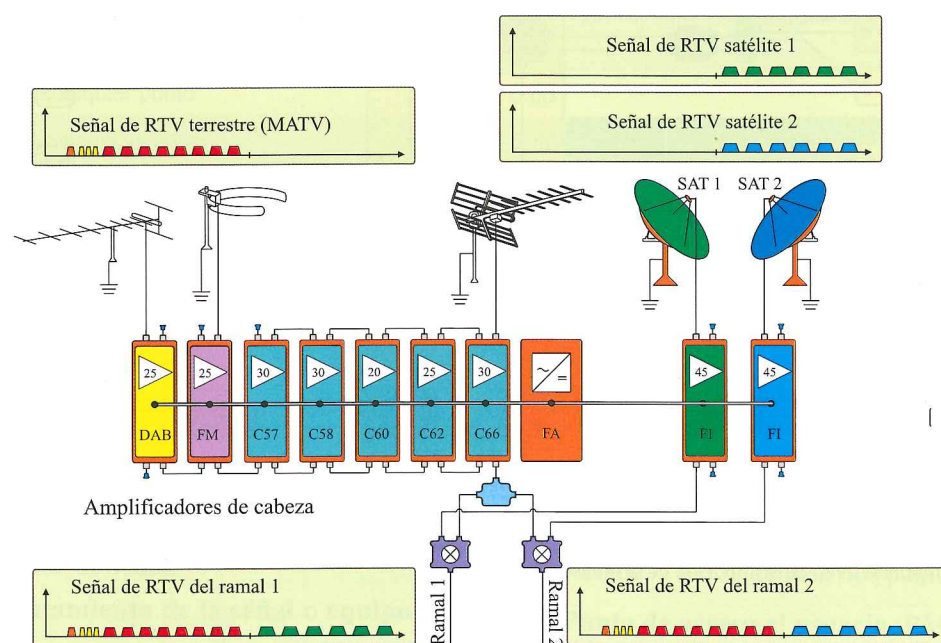
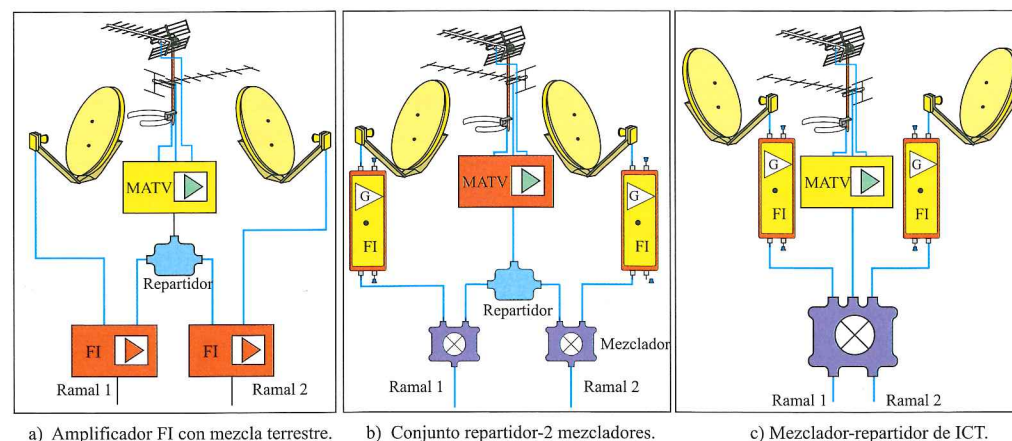


Figura 4.46. Distribución de señales en los ramales.



a) Amplificador FI con mezcla terrestre. b) Conjunto repartidor-2 mezcladores. c) Mezclador-repartidor de ICT.

Existen diferentes maneras de realizar la mezcla de la señal satélite y la terrestre en una distribución a dos hilos compatibles con la ICT:

- Utilizando dos amplificadores de FI con mezcla de TV terrestre y un repartidor (Figura 4.47.a). En esta configuración, la señal de salida del equipo de cabeza terrestre se distribuye con ayuda del repartidor a cada uno de los equipos de cabeza satélite, que combina la señal terrestre con la señal de FI que amplifica.
- Utilizando un conjunto repartidor-dos mezcladores (Figura 4.47.b). Este caso se utiliza cuando los amplificadores de FI no disponen de entrada de mezcla para la señal de televisión terrestre y, por tanto, la mezcla se realiza con mezcladores externos.

- Utilizando un mezclador-repartidor específico para instalaciones ICT (Figura 4.47.c). Cada uno de los sistemas captadores tiene su propio equipo de cabeza. Para combinar las señales de salida de cada uno de ellos se utiliza un único elemento denominado mezclador-repartidor de ICT.

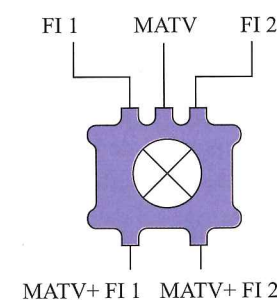
Mezclador-repartidor de ICT

La Figura 4.48 muestra un mezclador-repartidor de ICT.

Un **mezclador-repartidor específico para ICT** dispone de dos salidas en las cuales se reparten en cada una de ellas la señal de TV terrestre y alternativamente una de las entradas de FI. La principal característica (Figura 4.49) que define a este tipo de repartidor es la atenuación de paso o de inserción, es decir, las pérdidas de la señal a su paso por el dispositivo.



Figura 4.48. Mezclador-repartidor de ICT.



Mezclador-repartidor de ICT		
Referencia	M1	
Atenuación de inserción	BI-BIII	2 dB
	BIV-BV	2 dB
	FI	4 dB
Rechazo entre entradas	> 20 dB	

Figura 4.49. Características de un repartidor-mezclador de ICT.

4.5.4. Red

La red de una ICT está formada por dos cables de bajada (ramales) y los elementos necesarios para conformar las redes de distribución y de dispersión, de manera que al PAU de cada usuario final le lleguen dos cables, cada uno de ellos por canalizaciones independientes, con las señales procedentes de la cabecera de la instalación.

En cada una de las plantas de una ICT se instalarán dos derivadores, uno por ramal, con el número de salidas de derivación suficientes para distribuir la señal a cada vivienda.

Sabías que...

El registro secundario es el elemento de la infraestructura de una ICT donde se instalan los derivadores de la instalación, es decir, es el lugar que limita la red de distribución con la red de dispersión de la ICT.

El **PAU** es el elemento en el que comienza la red interior del domicilio del usuario. Se ubica en el interior del domicilio del usuario (Figura 4.50). El PAU debe alojar un elemento repartidor que disponga de un número de salidas que permita la conexión y servicio a todas las estancias de la vivienda, excluidos baños y trasteros. Esto es debido a que en la ICT la red interior de usuario debe estar distribuida en estrella.



Figura 4.50. Ejemplo de PAU de una instalación de TV.

El PAU definido en las instalaciones de ICT permite seleccionar el cable de la red de dispersión que se desea. En el caso de la televisión terrestre, la selección de uno de los cables de bajada no afecta, ya que esta señal se distribuye por los dos ramales. En cambio, mediante esta selección se puede elegir el satélite que se desea recibir, ya que por cada cable se distribuye una señal FI diferente procedente de uno de los satélites.

En una instalación debe haber un PAU para cada usuario final, es decir, uno por vivienda, local comercial u oficina.

Instalación interior de usuario

La instalación de la red interior de usuario se debe realizar en estrella a partir del PAU de la instalación. La Figura 4.51 muestra un ejemplo de características técnicas de un PAU comercial. Se comporta como un repartidor y, por tanto, su principal característica es la atenuación de paso.

Los elementos necesarios para conformar la red interior de cada usuario se resumen en la Tabla 4.11.

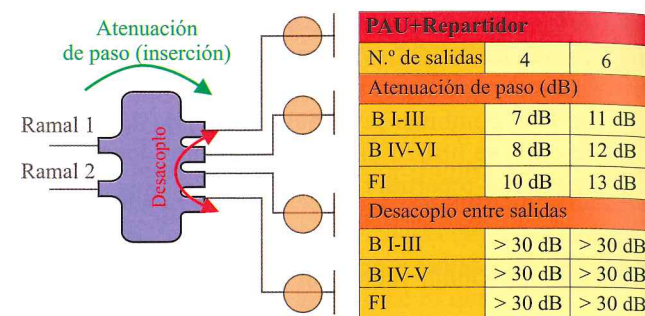


Figura 4.51. Características técnicas de un PAU.

Tabla 4.11. Instalación interior.

Tipo de usuario		Número de BAT
Viviendas		1 toma/estancia (1); mínimo 2.
Locales comerciales y oficinas en edificios de viviendas	Distribución definida	PAU capaz de alimentar un número de tomas fijado en función de la superficie o división interior del local.
	Distribución no definida	Distribuidor en el registro secundario para dar servicio a un número de PAU como mínimo igual al de la planta tipo con mayor número de viviendas del edificio.
Edificios de locales comerciales y oficinas	Distribución definida	PAU capaz de alimentar un número de tomas fijado en función de la superficie o división interior del local u oficina.
	Distribución no definida	Distribuidor en el registro secundario para dar servicio a un número de como mínimo 1 PAU cada 100 m ² o fracción de cada planta.
Estancias o instalaciones comunes de la edificación		1 por cada estancia común, excepto que no requiera servicios de TV por no haber permanencia habitual de personas.

(1) Excluidos baños y trasteros.

Recuerda:

En el caso de viviendas, el PAU se complementará con un elemento de distribución o reparto, alojado en su interior o externo a él a criterio del proyectista, que disponga de un número de salidas que permita la conexión y servicio a todas las estancias de la vivienda, excluidos baños y trasteros. El nivel de señal en cada una de las salidas de dicho distribuidor deberá garantizar los niveles de calidad en toma establecidos en la normativa.

Sabías que...

La red de TV de la ICT regida por el RD 401/2003 no varía sustancialmente de la propuesta por el RD 346/2011. La principal diferencia radica en el número mínimo de BAT a instalar en la red interior de usuario: un BAT cada dos estancias o fracción, con un mínimo de 2 BAT.

4.5.5. Características opcionales de la ICT

La ICT también puede incorporar los elementos necesarios para la captación y adaptación de las señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite.

Cuando estos elementos no formen parte de la instalación inicial, se debe reservar espacio físico suficiente libre de obstáculos en la parte superior del inmueble para su instalación futura.

Ejemplo 4.15. Instalación de la red interior de usuario

Para una vivienda como la de la Figura 4.52.a, las estancias computables son cinco (tres dormitorios, comedor y cocina) ya que no se incluyen los baños ni los trasteros. Tampoco se incluye el recibidor, ya que por sus características se considera como una zona de paso. Por tanto, se deben instalar como mínimo cinco tomas de usuario.

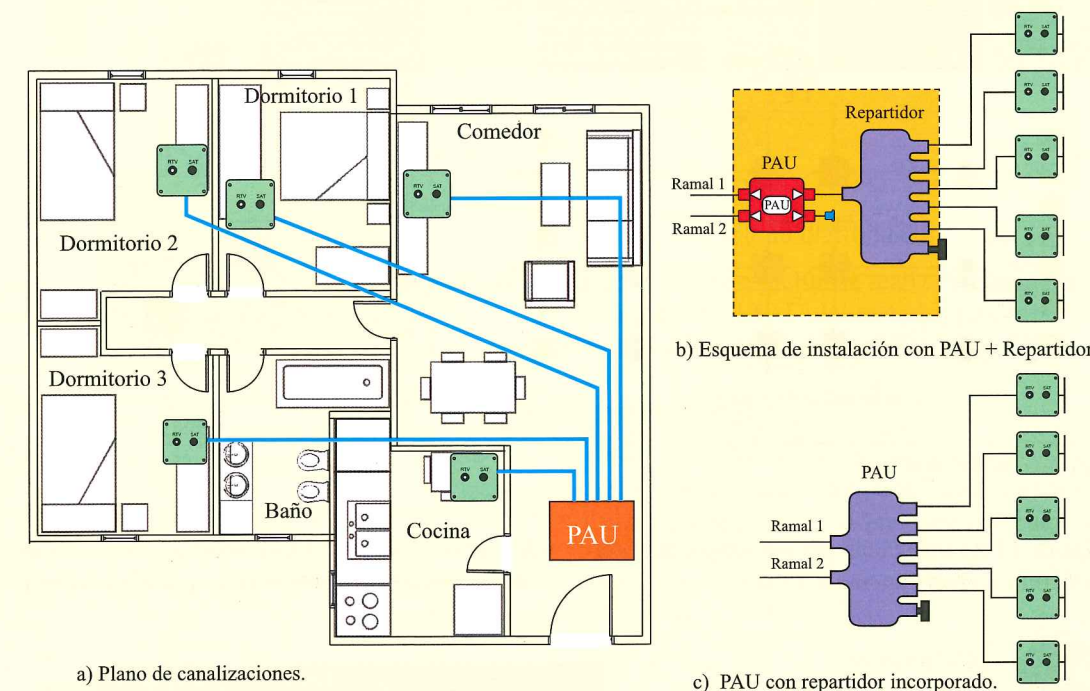


Figura 4.52. Instalación interior de usuario.

La solución que puede adoptarse es la de la figura 4.52.b o la de la Figura 4.52.c según el PAU, incorpore o no el elemento repartidor. El repartidor tiene seis salidas pero solo se utilizan cinco y la última se cierra con una resistencia de terminación de 75 Ω .

4.6. Ejemplo de instalación ICT

En este ejemplo se propone una instalación compatible con la ICT, en la que se detallan los elementos que la forman y se analizan las características de la instalación comparándolas con los niveles de calidad establecidos en la normativa.

4.6.1. Características del edificio

Se desea realizar una instalación en un edificio de nueva construcción de tres plantas (PB + 2) con dos viviendas por planta (Figura 4.53.a). La distribución interior de las viviendas se muestra en la Figura 4.53.b. La planta baja del edificio se destina a dos locales comerciales de 70 m². No existen estancias comunes en el edificio que requieran el servicio de TV.

Recuerda:

Los edificios de nueva construcción deben cumplir obligatoriamente la normativa de la ICT, por tanto, la instalación debe ser compatible con ella.

Esquema de distribución utilizado

De inicio no se prevé la instalación del sistema de captación satélite, aunque se acondiciona un espacio para una instalación futura. En el equipo de cabeza se incluye un repartidor-mezclador de ICT que permitirá en un futuro la mezcla de la señal FI de satélite con la señal de TV terrestre presente en cada uno de los ramales que forman la red de distribución.

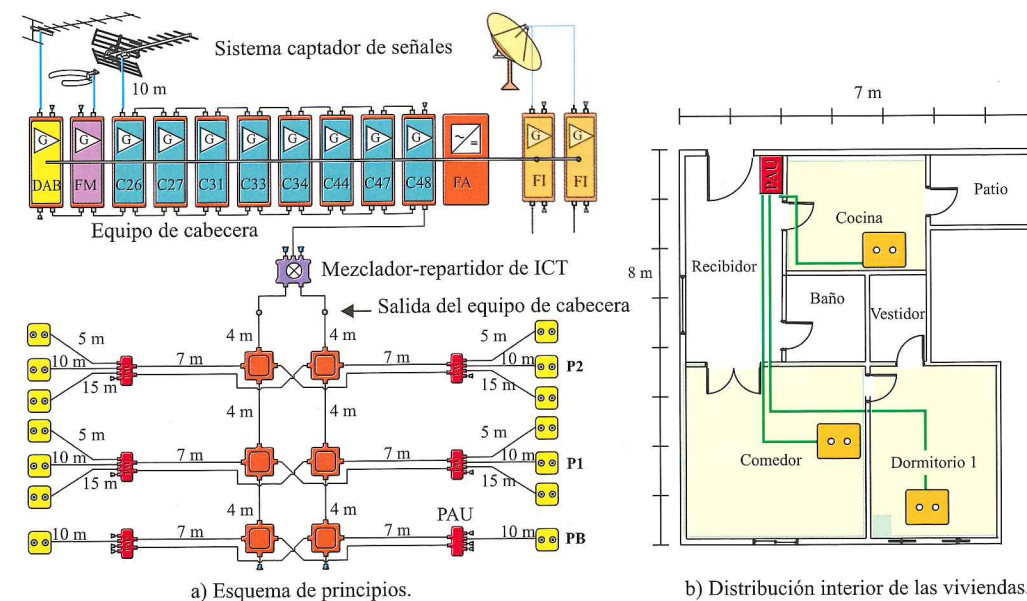


Figura 4.53. Edificio de la instalación ICT.

Las entradas de FI no utilizadas del repartidor-mezclador se terminan con una resistencia de 75 Ω .

Sabías que...

El repartidor-mezclador de ICT se debe instalar aunque no se instalen los equipos de captación satélite. Las dos entradas de FI, por tanto, se deben cerrar con una resistencia de terminación.

Instalación interior de usuario

En cada una de las viviendas y locales comerciales debe instalarse un PAU.

La distribución de las estancias y el lugar de instalación de cada toma se refleja en la Figura 4.53.b. En el local comercial, en función de su superficie y teniendo en cuenta que se desconoce su utilización, se instalará una única toma, a una distancia de 10 m del PAU.

En las viviendas se instalarán tres tomas de usuario, a una distancia del PAU de 5 m, 10 m y 15 m aproximadamente.

4.6.2. Características de la instalación. Selección de componentes

La Tabla 4.12 muestra los niveles de señal que se reciben en el lugar de recepción, medidos con una antena patrón

de ganancia 0 dB. Los niveles de señal recibidos son suficientemente altos, por lo que, a priori, no se prevé utilizar preamplificadores.

Tabla 4.12. Nivel de señal a la entrada de la antena.

Múltiplex	Canal	Margen de frecuencias	Frecuencia central	Señal (dB μ V)
FM	BII	87,5-108	---	55
DAB	8-11 (BIII)	195-230	---	45
Local	26	510-518 MHz	514 MHz	60
Nacional	27	518-526 MHz	522 MHz	60
Nacional	31	550-558 MHz	554 MHz	60
Autonómico	33	566-574 MHz	570 MHz	60
Nacional	34	574-582 MHz	578 MHz	60
Autonómico	44	654-662 MHz	658 MHz	60
Nacional	47	678-686 MHz	682 MHz	60
Nacional	48	686-694 MHz	690 MHz	60

Sistema captador

Para la recepción de la señal de los servicios de radiodifusión terrestre se utilizará una antena para cada servicio. La Figura 4.54 muestra las características de las antenas utilizadas.

La distancia aproximada entre la antena y los amplificadores es de 10 m.

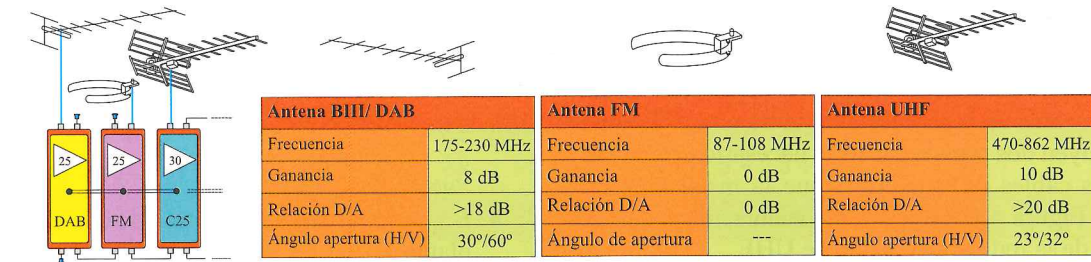


Figura 4.54. Características del sistema captador.

Amplificadores

Las características de los amplificadores monocanal utilizados se muestran en la Figura 4.55.

Se utilizará un amplificador monocanal por cada uno de los canales deseados y uno para el servicio de radio DAB y otro para el de FM. Al existir canales adyacentes, los amplificadores monocanal serán de tipo selectivo.

La distribución de la red mediante dos ramales se realiza mediante la ayuda de un repartidor-mezclador específico para ICT, cuyas características se muestran en la Figura 4.49.

Red de distribución

La red de distribución se realiza mediante dos ramales que finalizan en el PAU del usuario. Las características de los materiales utilizados se reflejan en la Figura 4.56.

Sabías que...

El repartidor-mezclador de ICT forma parte del equipo de cabeza, por tanto no se incluyen en el análisis de la atenuación de la red.

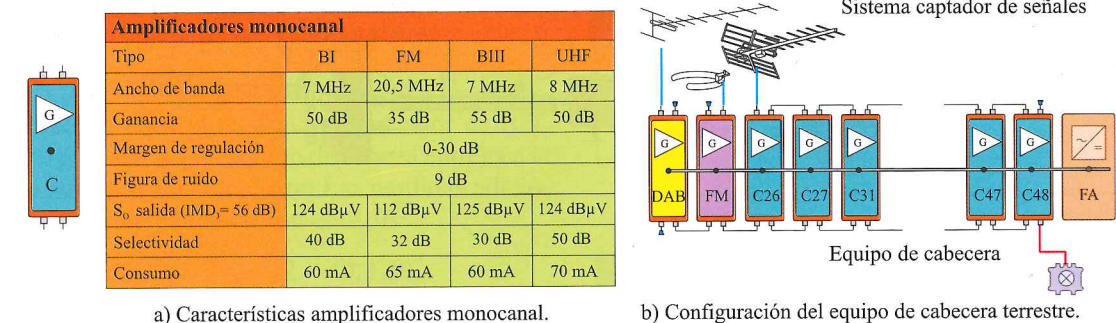


Figura 4.55. Características de los materiales utilizados. Equipo de cabeza.

Derivadores			
Referencia	D1	D2	
Número de salidas	2	2	
Atenuación de paso	BI-BII	2,2 dB	2,2 dB
	BIV-BV	2,5 dB	2,5 dB
	FI	2,8 dB	2,8 dB
	FI	2,8 dB	2,8 dB
Atenuación de derivación	BI-BII	22 dB	26 dB
	BIV-BV	22 dB	26 dB
	FI	22 dB	26,5 dB
	FI	22 dB	26,5 dB
Aislamiento entre salidas	BI-BII	45 dB	45 dB
	BIV-BV	35 dB	40 dB
	FI	30 dB	40 dB
	FI	30 dB	40 dB

Cable coaxial	
Atenuación (dB/100m)	
100 MHz	6,3
200 MHz	8,9
470 MHz	13,8
860 MHz	18,7
950 MHz	19,6
2.150 MHz	29,5
Velocidad de propagación	0,84
Impedancia	75 Ω

PAU	
N.º salidas	3
Atenuación de paso (dB)	
B I-III	7 dB
B IV-VI	8 dB
FI	10 dB
Desacople entre salidas	
B I-III	> 20 dB
B IV-V	> 20 dB
FI	< 20 dB

Toma de usuario	
Tipo	A
Atenuación de paso (dB)	
B I-III	---
B IV-VI	---
FI	---
Atenuación de derivación (dB)	
B I-III	2
B IV-V	2
FI	3

Figura 4.56. Características de los materiales utilizados. Red.

4.6.3. Pérdidas de la red

El análisis de una instalación siempre empieza con el cálculo de las pérdidas de la red. En el caso de una ICT, aunque se distribuyen dos ramales, solo es necesario el análisis de uno de los cables de bajada, ya que la instalación es simétrica. La Figura 4.57 muestra las atenuaciones de los componentes de la red para la banda de UHF.

En la Tabla 4.13 y la Tabla 4.14 se resume el cálculo de las pérdidas de la red.

Las pérdidas de la red de distribución para las bandas IV-V son:

- $L_{MIN} = 38,2$ dB (toma más favorable: toma F planta 2).
- $L_{MAX} = 44,1$ dB (toma más desfavorable: toma B planta 1).

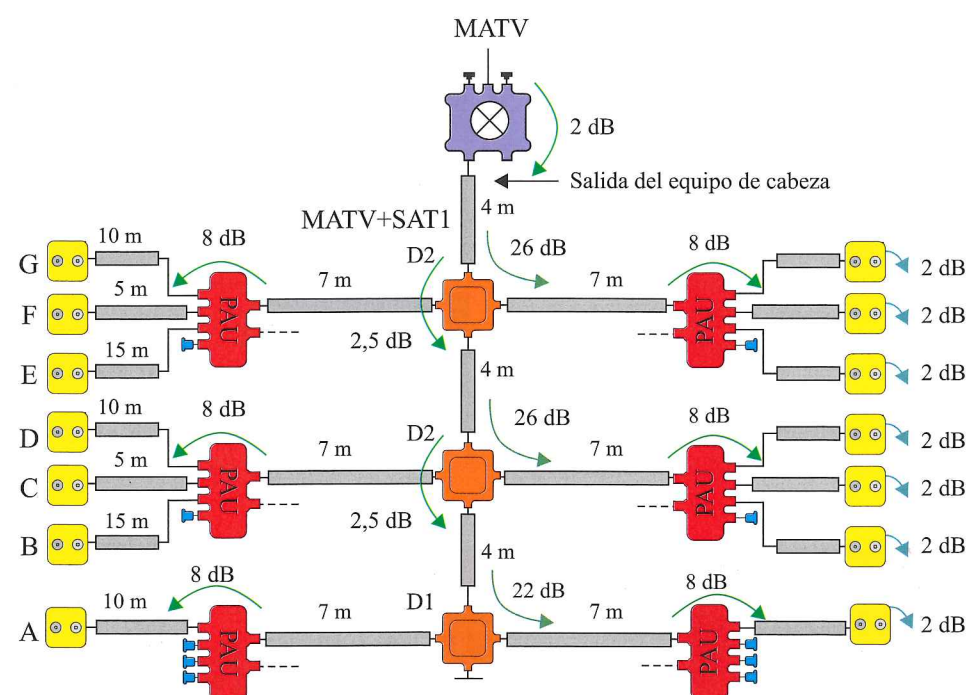


Figura 4.57. Análisis de las pérdidas de la red para la banda de UHF.

Tabla 4.13. Atenuación de la red a 470 MHz.

470 MHz					
Toma	d (m)	L_{CABLE} (dB/100 m)	L_{Cable} (dB)	$L_{Componentes}$ (dB)	L_{Total} (dB)
A	29	13,8	4,0	$2,5 + 2,5 + 22 + 8 + 2 = 37$	41,0
B	30	13,8	4,1	$2,5 + 26 + 8 + 2 = 38,5$	42,6
C	20	13,8	2,8	$2,5 + 26 + 8 + 2 = 38,5$	41,3
D	25	13,8	3,5	$2,5 + 26 + 8 + 2 = 38,5$	42,0
E	26	13,8	3,6	$26 + 8 + 2 = 36$	39,6
F	16	13,8	2,2	$26 + 8 + 2 = 36$	38,2
G	21	13,8	2,9	$26 + 8 + 2 = 36$	38,9

Tabla 4.14. Atenuación de la red a 862 MHz.

862 MHz					
Toma	d (m)	L_{CABLE} (dB/100 m)	L_{Cable} (dB)	$L_{Componentes}$ (dB)	L_{Total} (dB)
A	29	18,7	5,4	$2,5 + 2,5 + 22 + 8 + 2 = 37$	42,4
B	30	18,7	5,6	$2,5 + 26 + 8 + 2 = 38,5$	44,1
C	20	18,7	3,7	$2,5 + 26 + 8 + 2 = 38,5$	42,2
D	25	18,7	4,7	$2,5 + 26 + 8 + 2 = 38,5$	43,2
E	26	18,7	4,9	$26 + 8 + 2 = 36$	40,9
F	16	18,7	3,0	$26 + 8 + 2 = 36$	39,0
G	21	18,7	3,9	$26 + 8 + 2 = 36$	39,9

4.6.4. Equipo de cabeza

La elección de los amplificadores debe permitir suministrar el nivel de señal suficiente (S_{oAMP}) para compensar las pérdidas de la red. Además debe ser capaz de amplificar el nivel de señal que llega de la antena (S_{iAMP}) para conseguir dicho nivel de señal.

■ ■ ■ Nivel de salida de los amplificadores

A las pérdidas de la red hay que añadir también la atenuación (L_{PASO}) que presenta el repartidor-mezclador de ICT, ya que el nivel de señal que el equipo de cabeza entrega a la red tiene que atravesar este elemento. Las pérdidas adicionales que presenta este elemento son de 2 dB:

- $L'_{MÍN} = L_{MÍN} + L_{PASO} = 38,2 + 2 = 40,2 \text{ dB.}$
- $L'_{MÁX} = L_{MÁX} + L_{PASO} = 44,1 + 2 = 46,1 \text{ dB.}$

En nuestro ejemplo, para el caso de TV terrestre, el nivel de señal de salida del amplificador debe estar comprendido entre 93,1 y 110,2 dBuV:

$$S_{oMIN} = S_{TOMA MIN} + L'_{MAX} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + 46,1 \text{ dB} = 93,1 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$S_{\rho_{MAY}} = S_{TOMA_{MAY}} + L'_{MIN} = 70 \text{ dB}\mu\text{V} + 40,2 \text{ dB} = 110,2 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El nivel de señal que debe entregar el amplificador (S_{oAMP}) a la red es de 101 dBμV, que es el valor promedio de los dos calculados previamente.

Para este nivel de salida del amplificador, el nivel presente en las tomas de usuario estará comprendido entre 54.9 y 60.8 dBuV:

$$S_{MIN} = S_o - L'_{MAX} = 101 \text{ dB}\mu\text{V} - 46,1 \text{ dB} = 54,9 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$S_{MAX} = S_0 - L'_{MIN} = 101 \text{ dB}\mu\text{V} - 40,2 \text{ dB} = 60,8 \text{ dB}\mu\text{V}$$

► Recuerda:

La ICT especifica un nivel de señal para un canal TDT comprendido entre 47 y 70 dBuV en la toma de usuario.

Sabías que...

La ICT especifica que el nivel máximo de trabajo/salida del equipo de cabeza para los canales de TV digital nunca debe superar 113 dBuV.

■ ■ ■ Ganancia de los amplificadores

Para el cálculo de la ganancia de los amplificadores (G_{AMP}) necesitamos conocer el nivel de señal que se recibe a la entrada. Para ello evaluamos la ganancia de la antena utilizada y las pérdidas de la señal hasta el punto de instalación de los amplificadores:

La ganancia de la antena de UHF es de 10 dB (Figura 4.54). La atenuación de los 10 m del cable de bajada hasta la antena, calculada a la frecuencia de 862 MHz es de 1.87 dB:

$$L_{CABLE} = 10 \text{ m} \times 0,187 \text{ dB/m} = 1,87 \text{ dB}$$

El nivel de señal presente a la entrada de los amplificadores es de

$$S_{iAMP} = S_{ANT} + G_{ANT} - L_{CABLE} =$$

$$= 60 \text{ dB}\mu\text{V} + 10 \text{ dB} - 1,87 \text{ dB} = 68,13 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El amplificador debe tener un margen de regulación que cubra una ganancia de 32,87 dB:

$$G_{AMP} = S_{oAMP} - S_{iAMP} = 101 \text{ dB}\mu\text{V} - 68,13 \text{ dB}\mu\text{V} = 32,87 \text{ dB}$$

Los amplificadores utilizados, cuyas características se muestran en la Figura 4.55 tienen una ganancia de 50 dB, con un margen de regulación de 30 dB, por tanto, adecuados para nuestra instalación.

4.6.5. Relación portadora/ruido (C/N)

Durante la fase de diseño es necesario evaluar la relación C/N en la toma de usuario, mediante la expresión:

$$C/N_o = S_i - N_i - F_{EQ}$$

donde S_i es el nivel de señal a la salida de la antenna, N_i es el nivel de ruido a la salida de la antenna (4 dBμV) y F_{EQ} es la figura equivalente de ruido de toda la instalación. En el caso particular de que $G_{ANT} \geq L_{RED}$, F_{EQ} se puede aproximar por:

$$F_{EQ} = L_{CABLE} + F_{AMP}$$

donde L_{CABLE} es la atenuación que introduce el cable de conexión de la antenna al amplificador.

El cable de bajada desde la antenna hasta los amplificadores es de 10 m. La atenuación que introduce el cable dependerá de la frecuencia. En la Tabla 4.15 se resume el cálculo de la figura de ruido equivalente de la instalación que lógicamente dependerá de la frecuencia.

Recuerda:

Cuando la $G_{AMP} \leq L_{RED}$ es necesario evaluar F_{EQ} mediante la fórmula de Friis. Si la C/N_o que resulta de la aproximación está cerca del límite establecido por la normativa será necesario recalcular la F_{EQ} para conocer la C/N_o real de la instalación.

El nivel de señal a la salida de la antenna teniendo en cuenta la ganancia de cada una de las antenas se resume en la Tabla 4.16.

Tabla 4.15. Cálculo de la figura equivalente de la instalación.

Frecuencia	L (dB/100 m)	L_{CABLE} (10 m)	F_{AMP} (dB)	F_{EQ} (dB)
470 MHz	13,8	1,38 dB	9	10,38 dB
862 MHz	18,7	1,87 dB	9	10,87 dB

Tabla 4.16. Cálculo de la señal a la salida de la antenna.

Servicio	Nivel de señal antenna (dBμV)	G_{ANT} (dB)	S_i (dBμV)
TV-COFDM	60	10	70

La relación portadora-ruido en las tomas de usuario para un canal digital terrestre en el caso más desfavorable (862 MHz) es de 55,13 dB, superior a la especificada por la normativa:

$$C/N_o = S_i - N_i - F_{EQ} = 70 \text{ dB}\mu\text{V} - 4 \text{ dB}\mu\text{V} - 10,87 \text{ dB} = 55,13 \text{ dB}$$

Como el nivel de señal que se recibe a pie de antenna es elevado, la ganancia de la antenna no es un condicionante para obtener una buena calidad de recepción.

Recuerda:

Un canal de TDT según la normativa de la ICT debe tener en la toma de usuario una $C/N_o > 25 \text{ dB}$.

Sabías que...

En el caso de la señales de radio FM y DAB el parámetro de la C/N no es restrictivo, ya que el ancho de banda de los canales es muy pequeño.

4.7. Protocolo de pruebas

Una vez realizada la instalación, el instalador debe realizar una serie de medidas y comprobar que la instalación cumple con los requisitos de calidad establecidos por la normativa.

4.7.1. Calidad de la señal en el emplazamiento de la antenna

En el emplazamiento de la antenna se debe comprobar la calidad de las señales de TDT que se reciben en el peor caso, realizando la medida del MER (Figura 4.58).

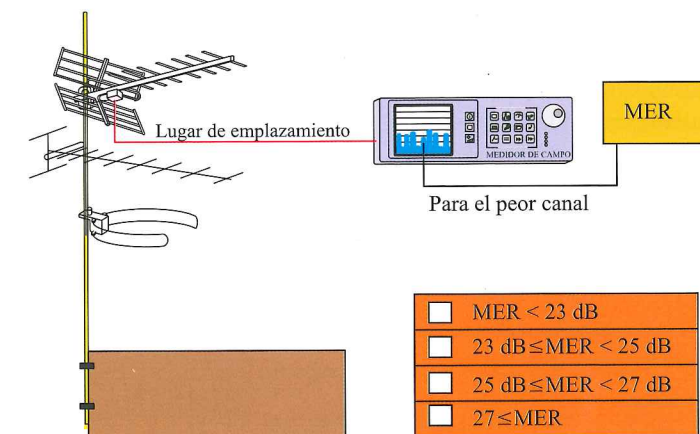


Figura 4.58. Medida de la calidad de las señales de TDT en el emplazamiento de la antenna.

Recuerda:

En el caso de que el MER no sea adecuado podemos reconsiderar la ubicación de las antenas o su orientación, ya que posiblemente existe algún tipo de interferencia presente que degrada la calidad de la señal recibida.

4.7.2. Niveles de señales de RF en la instalación

Se debe comprobar el nivel de las señales de radiofrecuencia a la entrada (Figura 4.59.a) y salida (Figura 4.59.b) de los amplificadores, anotándose los niveles en dBμV de las señales en la frecuencia central para cada canal de televisión digital.

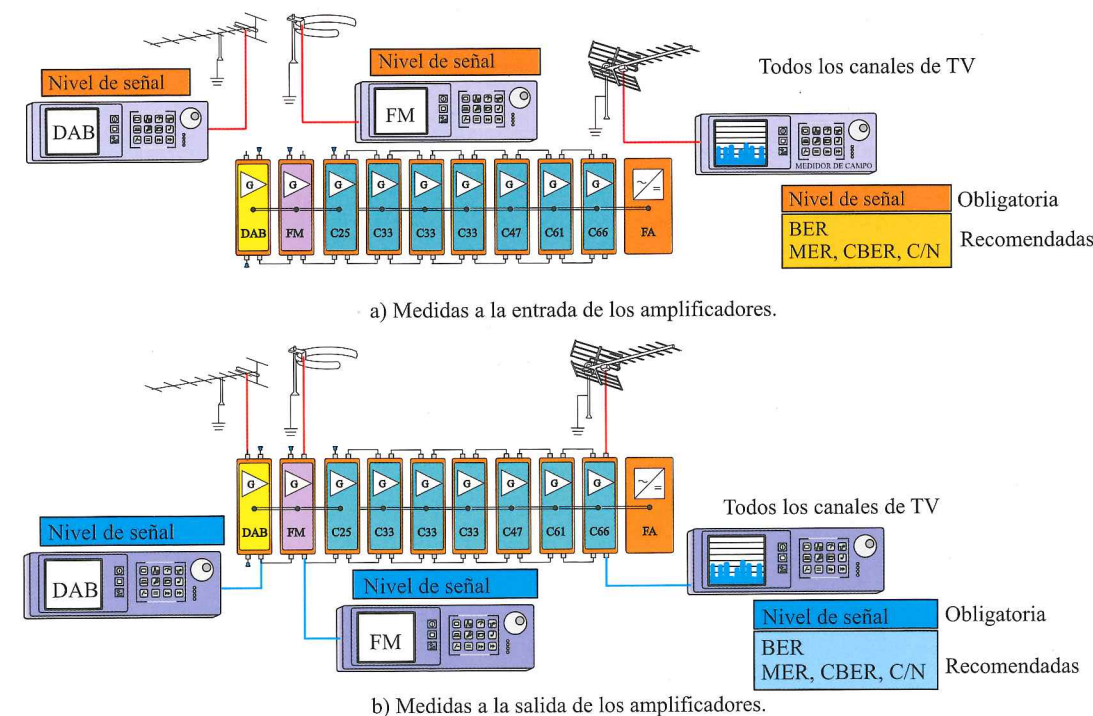


Figura 4.59. Medida de las señales de radiofrecuencia en la salida y entrada de los amplificadores.

4.7.3. Niveles de señal en toma de usuario

En la toma de usuario, tal y como se muestra en la Figura 4.60 se deben realizar las siguientes medidas:

- Niveles de señal en toma de usuario en el mejor y peor caso de FM y TV de cada ramal según el proyecto técnico. Se medirán los niveles de las señales

de la frecuencia central de cada canal para televisión digital, en la toma más favorable y en la toma más desfavorable.

- MER y BER para señales de TV digital terrestre. Se medirá el MER y el BER, al menos, en los canales de televisión digital terrestre en el peor caso de cada ramal.

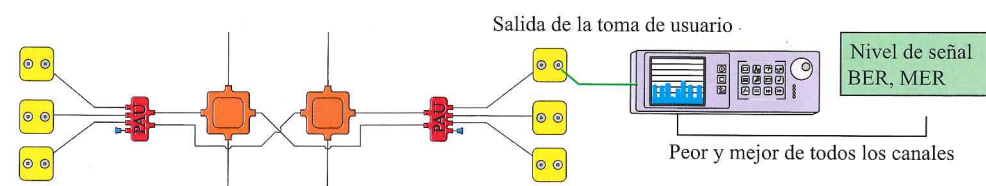


Figura 4.60. Medida de la calidad en la toma de usuario.

Resumen

Los **parámetros de calidad** que debe cumplir una instalación están fijados por la normativa de la ICT: nivel de señal, relación C/N en las tomas de usuario, relación de intermodulación, relación portadora/interferencias a frecuencia única y parámetros globales de calidad de la instalación (BER, MER, etc.).

Los **criterios de diseño** de una instalación tienen como objetivo escoger los diferentes elementos que forman la instalación para cumplir las características de calidad que establece la normativa, siendo los parámetros más importantes los siguientes:

- Cálculo de las **pérdidas de la red**.
- Cálculo del nivel de señal que debe suministrar el **equipo de cabeza** para compensar las pérdidas de la red de distribución.
- Diseño de la ganancia del **equipo captador de señales** que garantice una calidad de la señal adecuada (C/N).

La correcta instalación de los equipos y materiales utilizados en la instalación, así como su calidad, aseguran que el resto de parámetros de calidad de la red sean los adecuados.

Las **antenas** se deben situar en un lugar elevado que permita una recepción directa libre de obstáculos. Si se supera la longitud máxima del **mástil** que es 6 m, es necesario utilizar torretas. El mástil que soporta las antenas debe resistir a los esfuerzos mecánicos y las inclemencias del tiempo, por lo que debe ser capaz de soportar el **momento flector** a que está sometido.

El **equipo de cabeza** de una instalación puede realizarse con amplificación en **banda ancha** cuando el número de canales que se desea amplificar es pequeño o cuando el número de usuarios es reducido. La utilización de **amplificadores monocanal** permite obtener mayores niveles de tensión de salida cuando aumenta el número de canales que se desea amplificar. Existen diferentes tipos de amplificador monocanal: convencional, selectivo y multicanal.

El criterio de diseño de la red se fundamenta en obtener una atenuación de toda la red que esté equilibrada.

La red de una ICT debe distribuir dos ramales independientes que finalizan en el PAU, donde empieza la instalación interior de usuario, que se realiza en estrella.

El equipo de cabeza de la ICT debe incluir los **elementos combinadores** que permitan la distribución conjunta de la salida del equipo de cabeza terrestre (TV y radio terrestre) y de la salida del equipo de cabeza satélite (FI). El PAU permite elegir en la toma de usuario la señal procedente de cada cable de bajada.

Para el caso de viviendas, el **número de tomas de usuario** mínimo es de una por cada estancia, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos.

Cuando finaliza la instalación de la ICT es necesario comprobar que ha sido bien ejecutada rellenando el **protocolo de pruebas** de la instalación. Para ello es necesario realizar las medidas indicadas en este documento en el emplazamiento de la antena, en la entrada y salida de los amplificadores y en la toma de usuario.