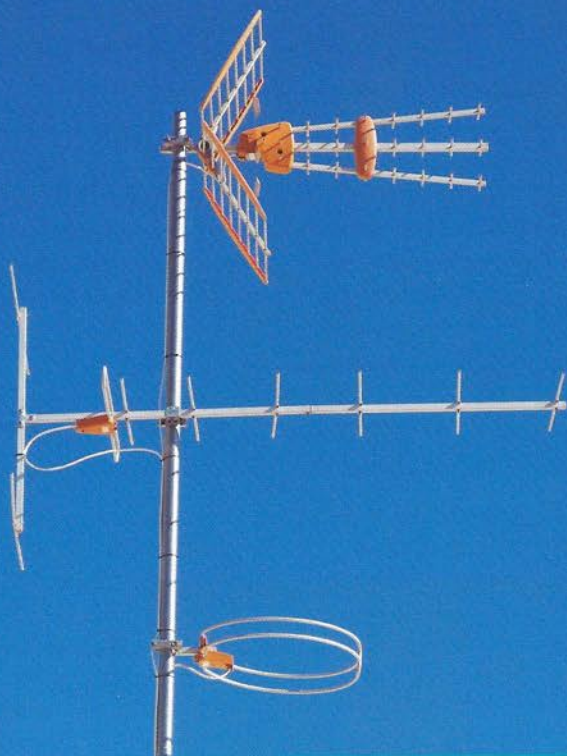


Componentes de un sistema de recepción de la señal de TV

3



El anexo I del RD 346/2011 desarrolla la norma técnica de infraestructura común de telecomunicaciones para la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y televisión, procedentes de emisiones terrestres y de satélite.

Este anexo recoge las características que debe reunir una instalación, entre las que se incluye la elección de los elementos y componentes adecuados a la función que realizan dentro de la instalación.

Contenidos

- 3.1. Conceptos generales
- 3.2. Sistema captador de señales
- 3.3. Equipo de cabeza
- 3.4. Red de distribución
- 3.5. Tipologías de redes en las instalaciones de distribución de la señal de TV
- 3.6. El medidor de campo

Objetivos

- Identificar los elementos de captación, amplificación y distribución de las señales de TV de una ICT.
- Relacionar cada elemento de una instalación de recepción de la señal de TV con su función y características.
- Interpretar la documentación técnica de los principales elementos y componentes que forman parte de una instalación.

3.1. Conceptos generales

Un sistema de recepción y distribución de la señal de televisión es un conjunto de elementos que tienen como objetivo la recepción de la señal de televisión y su distribución a los diferentes usuarios de la instalación en unas condiciones óptimas.

► Recuerda:

El anexo I del RD 346/2011 desarrolla la norma técnica de infraestructura común de telecomunicaciones para la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y televisión, procedentes de emisiones terrestres y de satélite.

3.1.1. Partes que constituyen una instalación de distribución de la señal de televisión

En la Figura 3.1 se muestra el esquema típico de una instalación para la recepción y distribución de la señal de televisión que cumple con la normativa ICT. Esta instalación se puede dividir en tres grandes partes:

- Sistema captador de señal.
- Sistema de tratamiento de la señal (equipo de cabeza).
- Red.

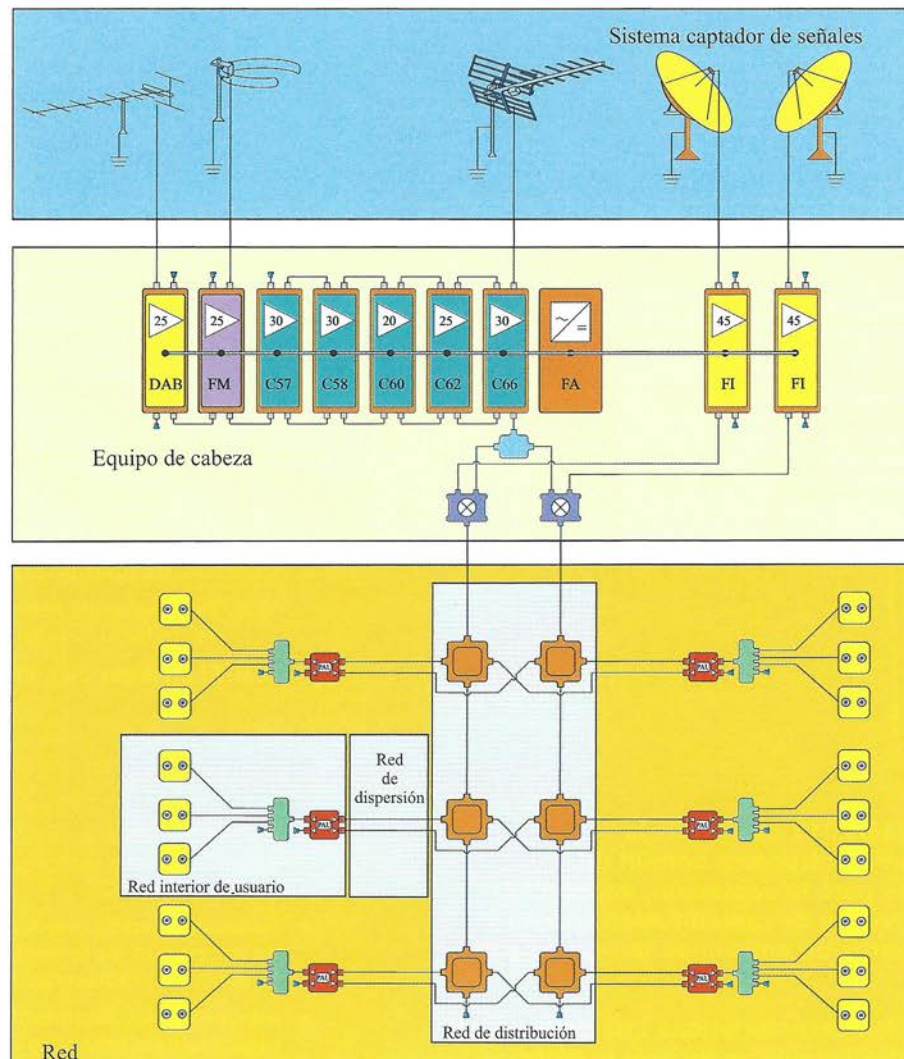


Figura 3.1. Partes que componen una instalación de distribución de la señal de televisión.

3.1.2. Sistema captador de señal

El **sistema captador de señal** es el conjunto de elementos encargados de recibir las señales de radiodifusión sonora y televisión procedentes de emisiones terrenales y de satélite.

3.1.3. Sistema de tratamiento de la señal o equipo de cabeza

El **sistema de tratamiento de la señal o equipo de cabeza** es el conjunto de dispositivos que se encargan de recibir las señales que provienen de los diferentes conjuntos captadores de señales de radiodifusión sonora y televisión y adecuarlas para su distribución al usuario en las condiciones de calidad y cantidad deseadas.

También se encarga de entregar el conjunto de señales a la red de distribución.

3.1.4. Red

La **red** es el conjunto de elementos necesarios para asegurar la distribución de las señales desde el equipo de cabeza hasta las tomas de usuario. Esta red se estructura en tres tramos: red de distribución, red de dispersión y red interior.

► Recuerda:

Las instalaciones colectivas de TV en edificios de nueva construcción en la actualidad se rigen por la normativa ICT (Infraestructura común de telecomunicaciones) y en ellas se debe distribuir de manera obligatoria los servicios de radiodifusión sonora analógica (FM) y digital (DAB) y de TV terrestre digital, siendo opcional, aunque recomendable, la distribución del servicio de radiodifusión satélite.

Sabías que...

En una instalación convencional donde no existe la instalación de una infraestructura común de telecomunicaciones (ICT), a toda la red la denominaremos genéricamente **red de distribución**, ya que es la encargada de distribuir la señal a todos los usuarios. En una ICT la red se divide en tres tramos: red de distribución, red de dispersión y red interior de usuario.

► Recuerda:

El sistema captador se encuentra en el exterior de la vivienda, normalmente en el tejado. El equipo de cabeza se sitúa lo más cerca posible del sistema captador en el interior del edificio. La red de distribución se distribuye por todo el edificio.

3.2. Sistema captador de señales

El **sistema captador de señales** está situado en el exterior de la vivienda y está formado fundamentalmente por la antena y, si fuera necesario, otros elementos que garanticen la calidad de la imagen de televisión recibida en la toma de usuario.

3.2.1. Antenas

La **antena** es el elemento transductor encargado de convertir la señal electromagnética recibida en la señal eléctrica que será distribuida por toda la instalación.

3.2.2. Características técnicas de las antenas

Las principales características que definen una antena son:

- **Ganancia.** La ganancia de una antena es la relación entre la tensión máxima captada por la antena y la tensión máxima captada por una antena de referencia de ganancia unidad.
- **Directividad.** La directividad es la capacidad que tiene una antena de concentrar la potencia absorbida o radiada en la dirección de máxima ganancia.
- **Ancho de haz.** El ancho de haz o **ángulo de apertura**, es el ángulo que forman los puntos donde la ganancia disminuye 3 dB respecto del punto máximo de radiación.
- **Relación delante/atrás.** Es la relación entre la ganancia en la dirección de máxima radiación y el valor en la dirección opuesta.
- **Impedancia característica.** Es la impedancia (resistencia) que presenta la antena en la frecuencia que ha sido sintonizada. A esta impedancia podemos llamarla también **resistencia de radiación**.
- **Ancho de banda.** Es el margen de frecuencias en el cual la antena mantiene sus características.

Diagrama de radiación

El **diagrama de radiación** de una antena es una herramienta muy útil para el análisis de las características de una antena. Con él se puede conocer de una forma clara y sencilla cómo radia una antena, permite deducir su directividad, ganancia, relación delante/atrás y el ancho de haz.

La Figura 3.2 muestra el aspecto de dos diagramas de radiación típicos. Una **antena omnidireccional** es capaz de recibir y radiar energía prácticamente por igual en todas las direcciones del espacio. En cambio, en una **antena direccional** se aprecia una zona en la cual la radiación es máxima, llamada **lóbulo principal**. Las zonas que envuelven los máximos de menor amplitud se denominan **lóbulos secundarios**.

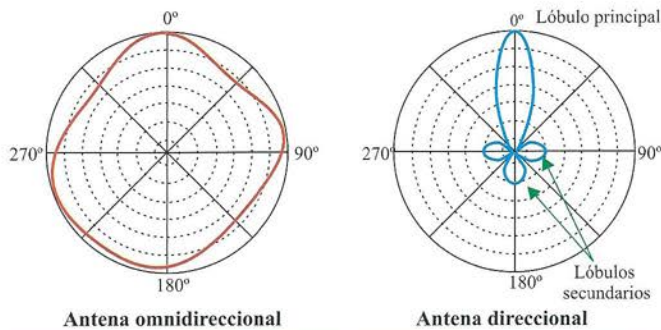


Figura 3.2. Diagrama de radiación de una antena.

La Figura 3.3 muestra el diagrama de radiación de una antena donde se indican los principales parámetros que la definen.

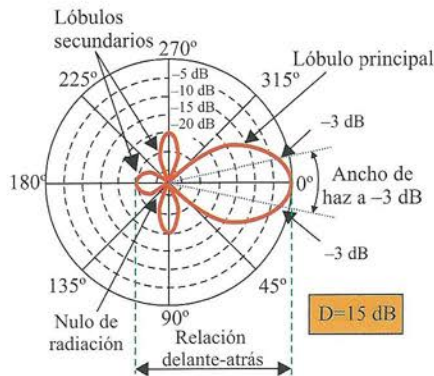


Figura 3.3. Principales parámetros que define el diagrama de radiación de una antena.

La **directividad** viene determinada por la dirección de máxima radiación. El fabricante establece la ganancia para la dirección de máxima radiación y genéricamente la denomina ganancia, aunque estrictamente debería denominarse directividad (D). La directividad generalmente no se especifica directamente en el diagrama de radiación, ya que este es un diagrama normalizado (el fabricante proporciona este parámetro en una tabla de características aparte).

La **ganancia** en una dirección que no es la del máximo viene atenuada por el factor especificado en esa dirección por el diagrama de radiación. Por ejemplo, en la Figura 3.3, para la dirección de 90° la directividad queda atenuada 20 dB. Por tanto, la ganancia para esta dirección es de -5 dB:

$$G(90^\circ) = D - L(90^\circ) = 15 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = -5 \text{ dB}$$

Para la dirección de 135° la señal captada por la antena es nula, ya que esta dirección se corresponde con un **nulo del diagrama de radiación**.

Ejemplo 3.1. Principales características de una antena a partir de su diagrama de radiación

La antena representada en la Figura 3.4 muestra las siguientes características para una ganancia máxima (D) de 11 dB:

- El ancho de haz es de aproximadamente 40° , ya que en la dirección de 20° la atenuación es de 3 dB: $L(20^\circ) = 3$ dB. El ancho de haz, por tanto, será el doble (40°).
- La relación delante/atrás es mayor de 20 dB, ya que la atenuación del lóbulo secundario trasero es de 20 dB: $L(180^\circ) = 20$ dB.
- La dirección de 90° coincide con un nulo de radiación, por lo que cualquier señal que provenga de esa dirección será atenuada completamente.
- La ganancia para una dirección de 45° es de -10 dB, ya que en esa dirección la atenuación respecto del máximo es de aproximadamente 21 dB:
- $G(90^\circ) = D - L(90^\circ) = 11 \text{ dB} - 21 \text{ dB} = -10 \text{ dB}$

Como se observa, el diagrama de radiación está normalizado respecto la dirección de máxima radiación del diagrama de radiación, de forma que en esta dirección la ganancia es de 0 dB, siendo necesario que el fabricante proporcione también el valor de la directividad.

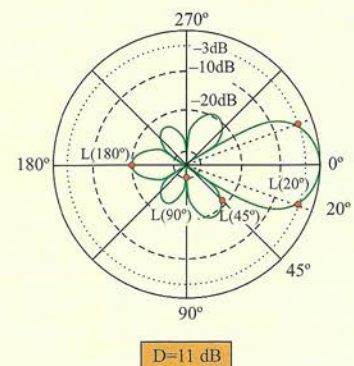


Figura 3.4. Ejemplo de diagrama de radiación de una antena.

El **ancho de haz a -3 dB** es la separación angular de las direcciones en las que el diagrama de radiación ha caído 3 dB. Su valor se expresa en grados. En la Figura 3.3 el ancho de haz es aproximadamente de 20°.

La **relación delante-atrás** es la relación expresada en dB entre la ganancia de la antena en la dirección de la máxima radiación, y la ganancia de la antena de cualquier lóbulo comprendido entre 90° y 270° respecto a la dirección de máxima radiación. La relación delante/atrás en la figura es de 25 dB.

Curva de respuesta en frecuencia

El comportamiento de una antena depende de la frecuencia, por lo que el fabricante suministra la **curva de respuesta en frecuencia** que permite identificar la ganancia máxima (directividad) para cada una de las frecuencias de funcionamiento de la antena (Figura 3.5).

Otro parámetro que proporciona la curva de respuesta en frecuencia es el **ancho de banda** de la antena (Bw), es decir, el margen de frecuencias que es capaz de captar la antena. Generalmente, se especifica el **ancho de banda a -3 dB**, de-

Ejemplo 3.2. Análisis de la respuesta en frecuencia de una antena

La antena de la Figura 3.5 está diseñada para recibir los canales las bandas IV y V, ya que capta las frecuencias que comprenden desde el canal 21 (470-478 MHz) hasta el canal 69 (854-862 MHz). El ancho de banda a -3 dB es, por tanto, toda la banda de UHF.

La ganancia máxima de la antena es de 11 dB, alrededor del canal 60 (782-790 MHz). La ganancia mínima es de 8 dB, en el extremo inferior de la banda (470 MHz).

La ganancia en el extremo superior de la banda (canal 69) es de aproximadamente 9 dB.

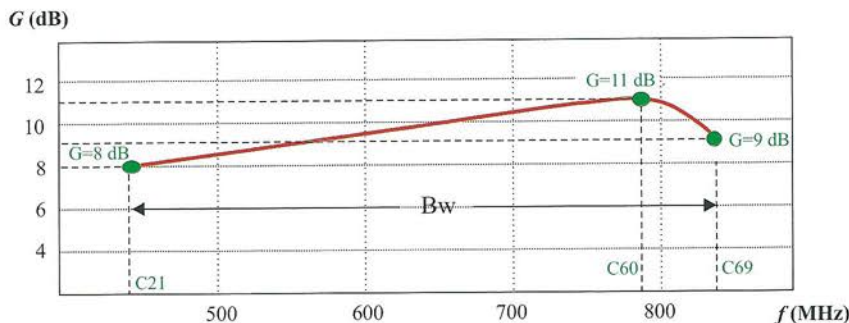


Figura 3.5. Curva de respuesta en frecuencia de una antena.

finido como el margen de frecuencias en el que la ganancia de la antena disminuye 3 dB respecto de la ganancia máxima.

3.2.3. El dipolo

Los niveles de energía radiados por el emisor y la banda de frecuencias condicionan el tipo de antena utilizada en la recepción de la señal de televisión.

Existen diferentes tipos de antenas, pero las más utilizadas se basan en dipolos:

- **Dipolo simple** (Figura 3.6.a): está formado por un tubo metálico, de longitud (L) igual a media longitud de onda ($\lambda/2$) del campo del canal que se quiere captar.
- **Dipolo doblado** (Figura 3.6.b): esta antena consiste en la unión de dos dipolos simples, conectados en paralelo por sus extremos, estando uno de ellos abierto en el centro.

La Figura 3.7 muestra el diagrama de radiación típico de un dipolo. En ocasiones, el diagrama de radiación depende del plano de polarización, por lo que el fabricante puede proporcionar información de los diagramas de radiación de dos de los planos de polarización (H y V).

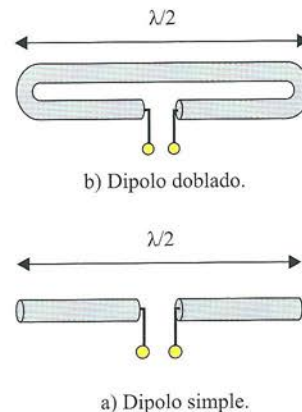


Figura 3.6. Dipolos.

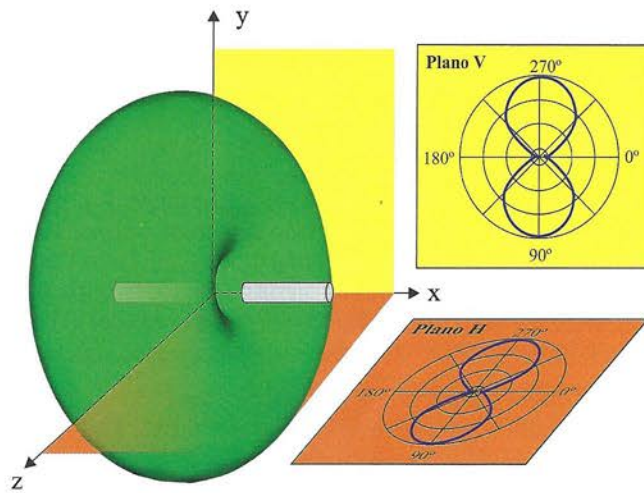


Figura 3.7. Diagrama de radiación de un dipolo.

3.2.4. Tipos de antenas

Desde el punto de vista de la señal que es capaz de recibir, podemos clasificar diferentes tipos de antenas: de TV, de radio FM, de radio DAB y de satélite.

Antenas de TV

La antena Yagui es la más utilizada en recepción de la señal de TV. Este tipo de antena está formado por un elemento radiador (dipolo básico o doblado), un elemento reflector y uno o varios elementos directores (Figura 3.8).

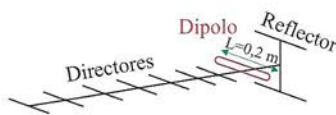


Figura 3.8. Elementos de una antena Yagui.

Ejemplo 3.3. Longitud de un dipolo

La longitud que debe tener un dipolo para recibir la señal de TV que corresponde a la banda de UHF (470-862 MHz), si consideramos una frecuencia central de la señal de aproximadamente 650 MHz, depende de la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{650 \times 10^6} = 0,46 \text{ m}$$

La longitud del dipolo ha de ser aproximadamente de 23 cm ($\lambda/2$):

$$L = \lambda/2 = 0,46 \text{ m}/2 = 0,23 \text{ m} = 23 \text{ cm}$$

Esto no quiere decir que no sea capaz de recibir señales de otras frecuencias. Lo que pasa es que para esta frecuencia la ganancia es la máxima.

El **reflector** se coloca detrás del dipolo, mientras que los **directores** se colocan delante. Los **directores** tienen la propiedad de estrechar el haz principal del diagrama de radiación, además de alargarlo a medida que se colocan más elementos directores. Con este tipo de antenas se puede lograr alrededor de 16 dB de ganancia.

La Figura 3.9 muestra el efecto del reflector y el director sobre el diagrama de radiación de un dipolo doblado.

Sabías que...

Cuanto más directores posea la antena mejor recepción tendremos, ya que con ello aumentamos la ganancia, a la vez que se pueden eliminar con mayor facilidad las señales laterales no deseadas. Este efecto no es ilimitado ya que, a partir de cierto número de directores, es imposible aumentar la ganancia.

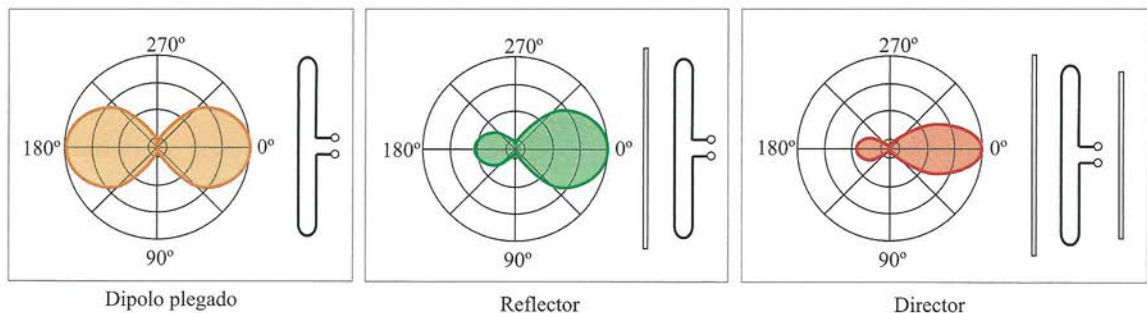


Figura 3.9. Director y reflector.

Ejemplo 3.4. Antena Yagui

La Figura 3.10 muestra las características técnicas de una antena Yagui. La ganancia de la antena está comprendida entre 8 dB (470 MHz) y 11 dB (862 MHz).



Aspecto externo

Características técnicas

Figura 3.10. Características técnicas de una antena Yagui.

El ancho de haz de la antena depende del plano de polarización. En el plano horizontal (H) el ancho de haz es de 32°, mientras que en el plano vertical (V) es de 40°. En la Figura 3.11 se representa el diagrama de radiación de la antena en los dos planos de polarización.

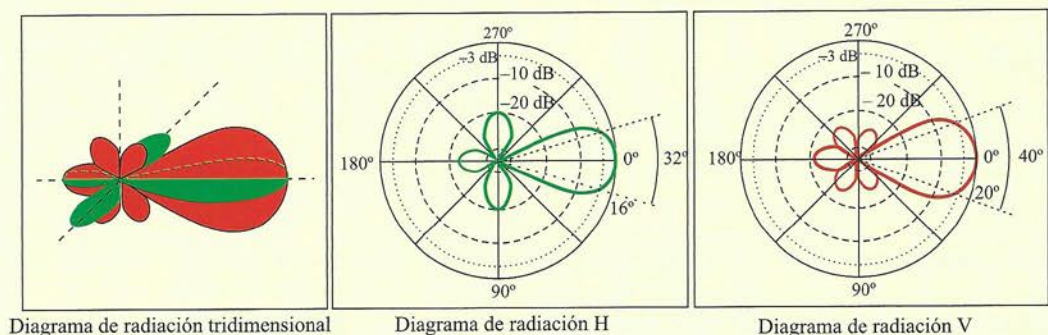


Diagrama de radiación tridimensional

Diagrama de radiación H

Diagrama de radiación V

Figura 3.11. Planos de polarización de una antena Yagui.

Para modificar las características básicas de una antena y aumentar su ganancia o modificar su diagrama de radiación, los fabricantes suministran diferentes tipos de antenas aunque siempre basadas en dipolos.

Ejemplo 3.5. Antena de tipo V

La Figura 3.12 muestra una antena de tipo V formada por un dipolo triangular. Los reflectores se disponen en su parte trasera formando un diedro y los directores están formados por dos parrillas en forma de V. Con este tipo de antena se consigue mayor ganancia y un ancho de haz menor, es decir, la antena es más directiva.

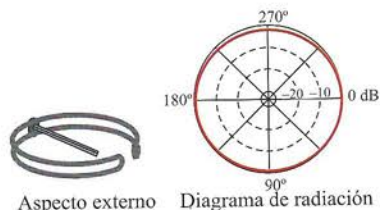


a) Aspecto externo.

Antena UHF	
Frecuencia	470-862 MHz
Ganancia	11-15 dB
Relación D/A	>20 dB
Ancho de haz (H/V)	24°/24°

b) Características técnicas.

Figura 3.12. Ejemplo de antena tipo V.

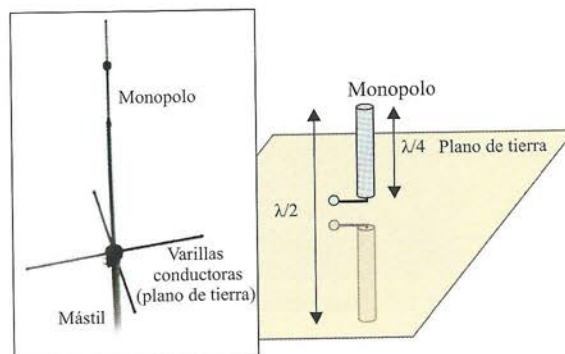


Aspecto externo Diagrama de radiación

Antena FM	
Frecuencia	87-108 MHz
Ganancia	0 dB
Relación D/A	0 dB
Ancho de haz	---

Tabla de características

a) Antena circular.



b) Monopolo.

Figura 3.13. Antena de FM.

Antenas de FM

Las antenas de FM captan el rango de frecuencias de la banda II. Normalmente, son omnidireccionales ($G = 0$ dB), es decir, no amplifican la señal recibida, y son de forma circular (Figura 3.13.a).

Otros tipos de antenas de FM son las de un elemento (monopolo) y las antenas Yagui de tres elementos. Esta última, por el efecto del director y del reflector, es direccional.

Un **monopolo** aprovecha las características conductoras de la tierra (Figura 3.13.b). Para simular el plano conductor, se colocan varillas metálicas en el plano perpendicular al monopolo.

Recuerda:

Una antena omnidireccional de $G = 0$ dB tiene una ganancia unidad, es decir, no amplifica ni atenúa la señal.

Sabías que...

Un monopolo situado sobre un plano conductor se comporta como un dipolo, ya que este crea una imagen reflejada del monopolo.

Antenas de radio DAB

Las antenas de radio digital captan el rango de frecuencias de la banda III. Las antenas más utilizadas son las de tipo Yagui (Figura 3.14). Como la frecuencia de la señal que debe captar esta antena es menor que la que debe captar

una antena Yagui utilizada para TV, el dipolo de estas es más grande.



a) Aspecto externo.

Antena BIII/ DAB	
Frecuencia	175-230 MHz
Ganancia	8 dB
Relación D/A	>18 dB
Ancho de haz (H/V)	30°/60°

b) Características técnicas.

Figura 3.14. Características de una antena DAB.

Antenas de TV satélite

El elemento que capta la energía (sonda o monopolo) de las antenas se sitúa en la unidad externa del sistema de captación. Como la energía que se recibe es muy pequeña, previamente se utiliza un elemento que concentra la señal recibida en un único punto: son los denominados reflectores parabólicos (Figura 3.15).

Recuerda:

Estrictamente, los reflectores no son antenas, ya que no realizan la conversión de energía electromagnética en eléctrica, aunque a menudo se denominan antenas parabólicas.

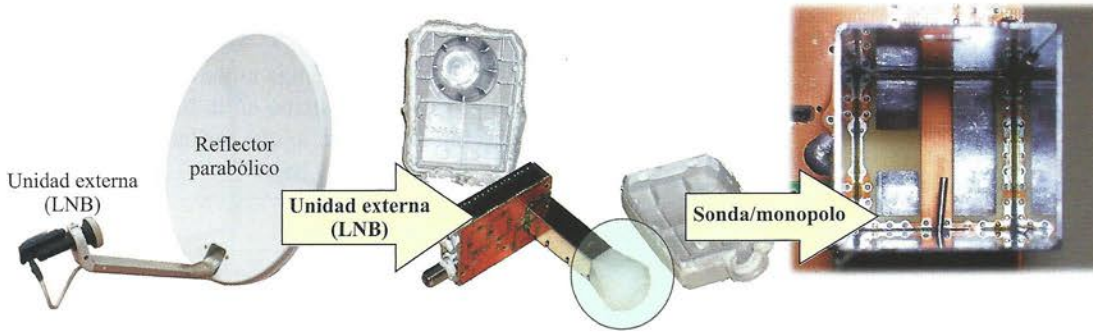


Figura 3.15. Sonda de una unidad externa satélite.

3.2.5. Ruido generado por una antena

El ruido que más afecta a una comunicación de TV terrestre es el **ruido térmico**. Un ejemplo de componente que genera ruido térmico es la resistencia. La potencia de ruido (N) que genera una resistencia se puede evaluar mediante la expresión:

$$N = k \times T \times B_w \text{ (vatios)}$$

donde k es la constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K), T es la temperatura a la que se encuentra la resistencia en grados Kelvin (K), y B_w es el ancho de banda del sistema expresado en Hz.

Desde el punto de vista del ruido, una antena se comporta como una resistencia de 75Ω (Figura 3.16.a), de manera que se puede encontrar una expresión análoga, donde se define la **temperatura de ruido de antena** (T_A) que tiene un valor que depende de la temperatura del cielo donde apunta la antena:

$$N = k \times T_A \times B_w \text{ (W)} = 10 \times \log(k \times T_A \times B_w) \text{ (dBW)}$$

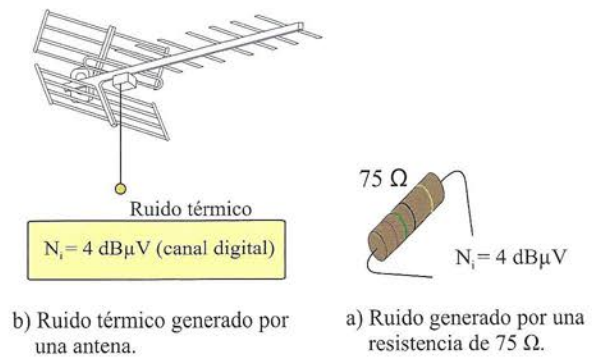


Figura 3.16. Comportamiento de una antena frente al ruido.

La principal característica del ruido térmico es que se extiende de manera uniforme por todo el espectro (Figura 3.17.a) y, por tanto, la cantidad de ruido que afecta al receptor dependerá del ancho de banda de la señal útil. En el caso de la TV digital, como se puede observar en la Figura 3.17.b, el ancho de la señal se reparte por todo el canal, el cual tiene un ancho de banda de 8 MHz.

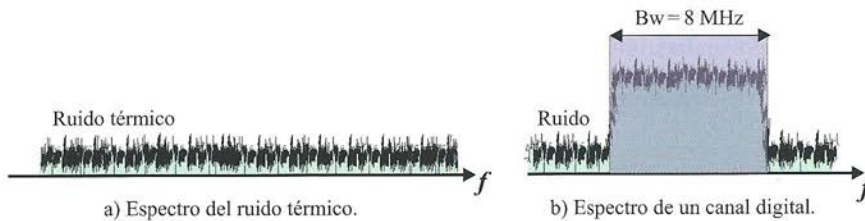


Figura 3.17. Ancho de banda de ruido.

Recuerda:

El ruido de entrada (N_i) de un sistema de distribución de la señal de TV digital es de aproximadamente $4 \text{ dB}\mu\text{V}$.

Recuerda:

En los canales de TDT es necesario considerar un ancho de banda de ruido de 8 MHz.

Ejemplo 3.6. Ruido térmico en la TV digital terrestre

Para una antena de recepción de la señal de TV terrestre digital, teniendo en cuenta las características de la señal recibida, se consideran los siguientes parámetros:

- $B_w = 8$ MHz (ancho de banda del canal de TV terrestre).
- $T_A = 293$ K (temperatura ambiente de 25 °C).

El ancho de banda de los amplificadores utilizados es prácticamente de 8 MHz, igual que el ancho de banda de la señal. La cantidad de ruido que pasará al sistema será el comprendido en este ancho de banda. El ruido térmico generado por la antena es:

$$N = k \times T_A \times B_w = 1,38 \times 10^{-23} \times 293 \times 8 \times 10^6 = 3,23 \times 10^{-14} \text{ W}$$

$$N(\text{dBW}) = 10 \times \log(3,23 \times 10^{-14}) = -134,9 \text{ dBW}$$

Teniendo en cuenta la relación entre unidades:

$$N(\text{dB}\mu\text{V}) = -134,9 \text{ dBW} + 138,8 \text{ dB} = 3,9 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Generalmente, el ruido térmico que genera la antena se redondea a 4 dB μ V (Figura 3.16.b).

► Recuerda:

La relación entre las unidades dB μ V y dBW es:

$$\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBW} + 138,8 \text{ dB}$$

3.2.6. Preamplificadores

Los **preamplificadores** se encargan de realizar una amplificación previa a la amplificación realizada por el equipo de cabeza.

Sabías que...

En función de sus características, podemos encontrar diferentes tipos de preamplificadores: de banda ancha o monocanal y para caja de antena o para mástil.

Su misión principal es amplificar el nivel de señal captado por la antena sin añadir un ruido significativo, para que los siguientes dispositivos del equipo de cabeza puedan tratar la señal de forma conveniente. Si el nivel de señal captado por la antena es suficientemente alto, no es necesario realizar una amplificación previa.

Sabías que...

La principal diferencia entre los preamplificadores y los amplificadores estriba en la baja figura de ruido de los preamplificadores, lo que los hace ideales cuando la C/N_i del sistema es muy baja.

Las principales características que definen a un preamplificador son comunes a los amplificadores y, por tanto, las consideraciones descritas para ellos son las mismas:

- **Ganancia:** relación entre el nivel de señal entrante y el saliente. Expresada en dB.
- **Figura de ruido:** distorsión que añade en dB.
- **Tensión máxima de salida:** máxima tensión que puede entregar el amplificador sin distorsión.

Los preamplificadores se instalan junto a la antena y su ganancia suele ser de valor elevado. Por eso cuando se utiliza un preamplificador en un sistema, la figura de ruido equivalente de todo el sistema prácticamente solo depende de la figura de ruido del preamplificador (F_{PREVIO}):

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

De manera que la relación C/N de salida del sistema (C/N_o) es:

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

► Recuerda:

Como norma general, la C/N de salida se avalúa con la fórmula de Friis. La aproximación solo es cierta cuando la ganancia del amplificador es suficientemente elevada respecto de la atenuación de la red que le sigue.

La Figura 3.18 muestra las características típicas de dos preamplificadores para mástil: uno de banda ancha y otro monocanal. En el amplificador monocanal se especifica la capacidad que tiene para discriminar los canales adyacentes (selectividad), mientras que esta característica no tiene sentido en el amplificador de banda ancha.

Además, se especifica el consumo y la tensión de alimentación, ya que al ser elementos que se instalan en la intemperie, deben alimentarse desde una fuente de alimentación externa instalada en el interior de la vivienda o edificio.

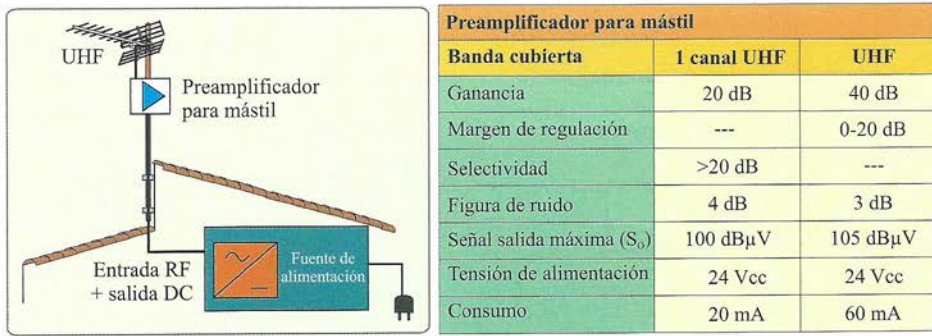


Figura 3.18. Características típicas de dos preamplificadores.

Ejemplo 3.7. Utilización de un preamplificador de UHF

En el ejemplo representado de la Figura 3.19, el preamplificador de UHF tiene una ganancia (G_{PREVIO}) de 40 dB y una figura de ruido (F_{PREVIO}) de 3 dB. Al tratarse de un amplificador para mástil se desprecian los efectos del cable de conexión al amplificador, que será de dimensiones reducidas.

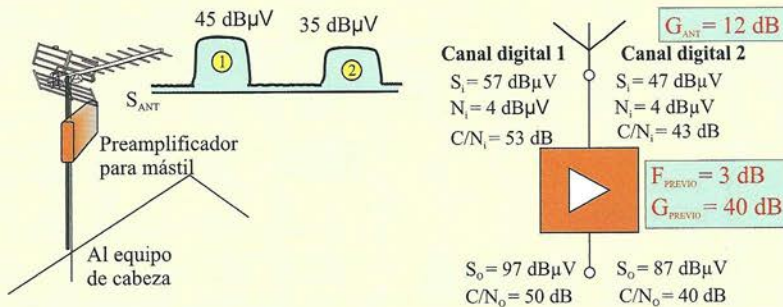


Figura 3.19. Ejemplo de utilización de un preamplificador.

A la entrada de la antena se reciben dos canales digitales: uno de los cuales tiene un nivel de entrada reducido (canal 2). Este canal, al tener un nivel de señal más pequeño será el que menor relación señal/ruido tendrá, por lo que evaluaremos su respuesta en el sistema. El nivel de señal a la salida de la antena para el canal digital 2 es de 47 dB μ V:

$$S_i = S_{ANT} + G_{ANT} = 35 \text{ dB}\mu\text{V} + 12 \text{ dB} = 47 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El nivel de señal a la salida del preamplificador es:

$$S_o = S_i + G_{AMP} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + 40 \text{ dB} = 87 \text{ dB}\mu\text{V}$$

La relación C/N de entrada del sistema (C/N_i), considerando que la antena genera para un canal digital 4 dB μ V de ruido (N_i), es:

$$C/N_i = S_i - N_i = 47 \text{ dB}\mu\text{V} - 4 \text{ dB}\mu\text{V} = 43 \text{ dB}$$

La relación C/N de salida del sistema (C/N_o) para el canal digital es:

$$C/N_o = C/N_i - F_{EQ} = 43 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$$

El canal digital 1, al tener mayor nivel de entrada mantiene una relación C/N_o mayor.

Sabías que...

La alimentación de un preamplificador puede realizarse desde una fuente de alimentación externa o desde el propio amplificador interior de la instalación.

La alimentación se proporciona al amplificador a través del propio cable de bajada de la señal de TV.

Sabías que...

El canal que tendrá peor C/N_o siempre será el canal que menor nivel de entrada de antena tenga.

3.2.7. Elementos mecánicos

Para asegurar la correcta fijación de los elementos que forman el sistema captador es necesaria la utilización de determinados elementos mecánicos (Figura 3.20), que dependerán del tipo de instalación a realizar. Los más utilizados son:

- Mástiles.
- Torretas.

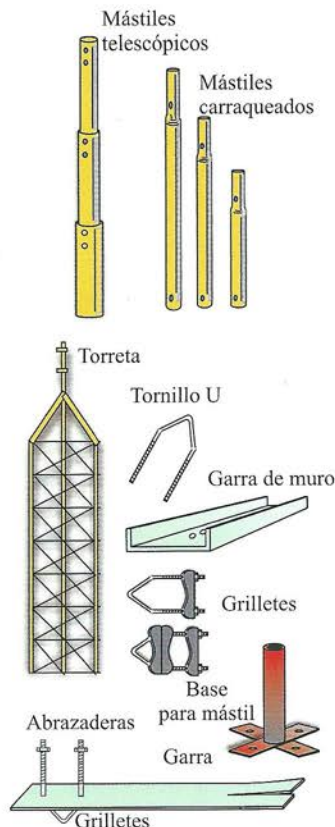


Figura 3.20. Elementos mecánicos del sistema captador.

- Soportes de antena.
- Bases para la fijación sobre el suelo.
- Etcétera.

3.3. Equipo de cabeza

En la mayoría de las ocasiones, la señal recibida por la antena no tiene las características adecuadas para distribuirla directamente al usuario final. El principal problema radica en la débil señal recibida por la antena, siendo necesario utilizar amplificadores para poder recibir en el receptor de TV la imagen en perfectas condiciones.

En el equipo de cabeza, además, se pueden realizar otras operaciones que modifican las características de la señal recibida. Así, una vez se ha recibido satisfactoriamente la señal por el equipo captador, la tarea del equipo de cabeza es tratar la señal, amplificarla, eliminar los componentes que no interesan y, en general, procesar la señal recibida según convenga para adaptar los niveles y canales a la instalación.

Los elementos principales que pueden formar parte del equipo de cabeza son los amplificadores, los mezcladores, los filtros, los atenuadores, los conversores y los transmutadores.

3.3.1. Amplificadores

La función de un **amplificador** es aumentar el nivel de señal que recibe a su entrada.

Existen dos tipos básicos de amplificadores, los cuales se muestran en una misma instalación de ICT en la Figura 3.21: los amplificadores de cabeza y los amplificadores de línea.

Los **amplificadores de cabeza** se encargan de proporcionar a la red de distribución el nivel de señal adecuado para compensar las pérdidas que se producen durante la distribución.

Los **amplificadores de línea** se utilizan en las redes de distribución de gran tamaño cuando es necesario restituir el nivel de señal en los puntos alejados, debido a que la atenuación de la señal es considerable. Como se observa, este tipo de amplificador no forma parte del equipo de cabeza, sino que se utiliza en la red de distribución.

Los parámetros típicos que definen a los amplificadores son:

- **Ganancia:** relación entre el nivel entrante y saliente. Expresada en dB.
- **Figura de ruido:** distorsión que añade en dB.
- **Tensión máxima de salida:** máxima tensión que puede entregar el amplificador sin distorsión.

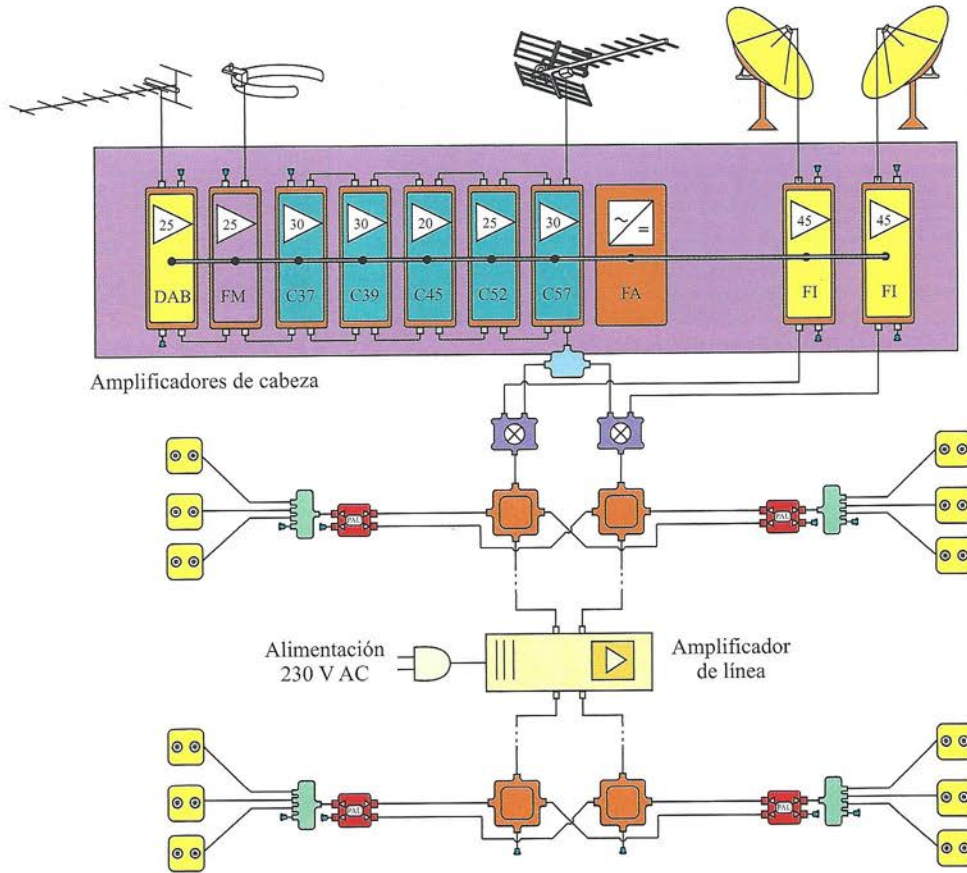


Figura 3.21. Amplificadores de una instalación.

La principal clasificación de los **amplificadores de cabeza** se realiza en función del número de canales que pueden amplificar. Estos pueden ser:

- Amplificadores monocanal.
- Amplificadores de banda ancha.

Sabías que...

Los amplificadores de línea disponen de una entrada y de una salida de RF, incorporan un atenuador regulable de entrada y, según modelos, permiten el control de pendiente de la ganancia con lo que es posible compensar las pérdidas de la línea de distribución, que dependen de la frecuencia. También incluyen una fuente de alimentación para red alterna.

Sabías que...

La red de una ICT tiene dos cables de distribución hasta la instalación interior de la vivienda.

3.3.2. Amplificadores monocanal

Un **amplificador monocanal** solo amplifica un único canal, por lo que en el sistema amplificador se utilizan tantos amplificadores como canales se desean recibir.

Estos amplificadores sirven para aumentar la amplitud de la señal del canal sintonizado y, además, incorporan un regulador para ajustar el nivel de señal de salida, es decir, permiten variar la ganancia.

Sabías que...

Nunca se debe utilizar un amplificador por encima de la tensión máxima de salida, ya que se degradaría la señal debido a los fenómenos de intermodulación de los canales.

La Figura 3.22.a muestra las características técnicas de diferentes tipos de amplificador monocanal.

En este tipo de amplificadores es importante otra característica denominada **selectividad**, que indica la capacidad

Amplificadores monocanal					
Tipo	BI	FM	BIII	UHF	UHF
Ancho de banda	7 MHz	20,5 MHz	7 MHz	8 MHz	16-32 MHz
Ganancia	50 dB	35 dB	55 dB	50 dB	45 dB
Margen de regulación	0-30 dB				0-20 dB
Figura de ruido	9 dB				8 dB
S ₀ salida (IMD ₃ = 56 dB)	124 dBμV	112 dBμV	124 dBμV	120 dBμV	108 dBμV
Selectividad	40 dB (N+2)	32 dB	30 dB (N+2)	50 dB (N+3)	20 dB (N+1)
Consumo	60 mA	65 mA	60 mA	70 mA	85 mA

a) Características técnicas.

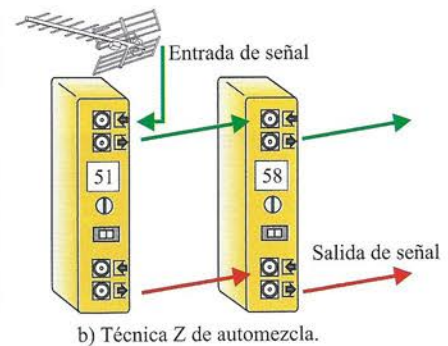


Figura 3.22. Características técnicas amplificador monocanal.

del amplificador de rechazar los canales adyacentes que no debe amplificar. La selectividad se mide en dB y cuanto mayor sea, más selectivo y, por tanto, mejor es el amplificador. El fabricante indica para qué canal se especifica la selectividad (N+1, N+2 o N+3).

Los elementos típicos que forman este sistema son los de la Figura 3.23.



Figura 3.23. Elementos típicos de un sistema de amplificación monocanal.

Los amplificadores monocanal utilizan la técnica Z de automezcla de entrada y salida (Figura 3.22.b): disponen de dos salidas y dos entradas que posibilitan la interconexión en cascada con otros amplificadores mediante puentes diseñados para tal efecto (Figura 3.24). Cuando una de las



Figura 3.24. Puentes de alimentación y de señal.

entradas o salidas no se utiliza es necesario adaptarla con una impedancia de 75 Ω (Figura 3.25).

La alimentación de los amplificadores se realiza mediante una fuente de alimentación que suministra la corriente a los amplificadores, a través de un puente (Figura 3.24).



Figura 3.25. Resistencias de terminación de 75 Ω.

Principio de funcionamiento de un amplificador monocanal

El principio de funcionamiento de un amplificador monocanal se resume en la Figura 3.26. La señal de entrada se incorpora a una de las entradas del amplificador que, además, la distribuye al resto de amplificadores. Cada amplificador elimina todos los canales excepto el sintonizado, que lo amplifica y lo mezcla con el resto de canales de salida. A la salida del último amplificador tenemos todos los canales mezclados y amplificados.

La Figura 3.27 muestra la instalación típica de los amplificadores monocanal que utilizan la técnica Z.

Sabías que...

Gran parte de los amplificadores monocanal que se comercializan actualmente son de tipo selectivo, lo que permite su uso aún en presencia de canales adyacentes.

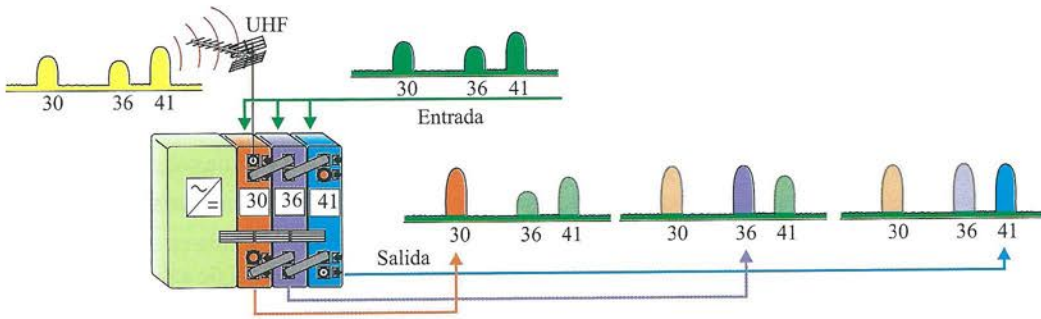


Figura 3.26. Principio de funcionamiento del sistema de automezcla Z.

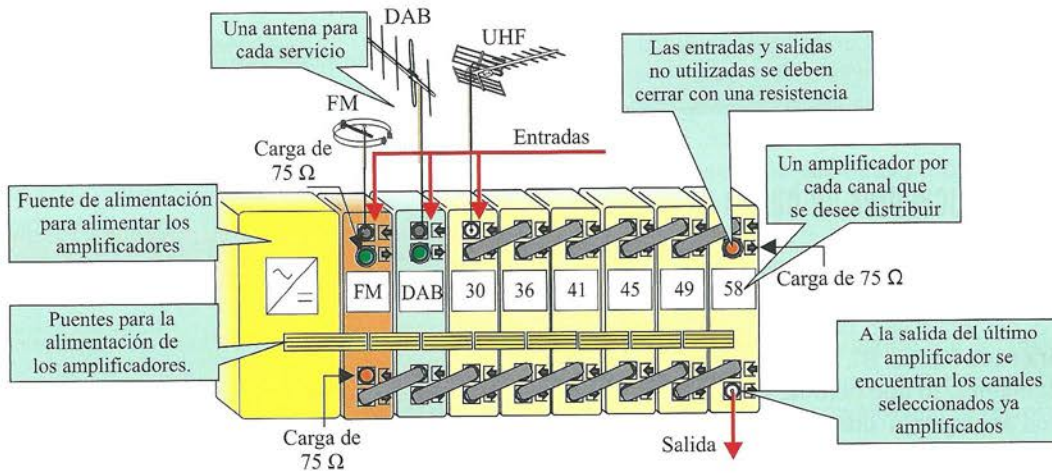


Figura 3.27. Instalación de un sistema monocanal.

Ejemplo 3.8. Ajuste de ganancia de un amplificador monocanal

El ajuste de ganancia de un amplificador permite conseguir un nivel de señal de salida del canal amplificado de manera independiente del resto de canales. El amplificador monocanal de la Figura 3.28 tiene una ganancia máxima de 40 dB. Dispone de un atenuador de 20 dB que permite regular la ganancia ($G_{AMP} = 20 - 40$ dB).

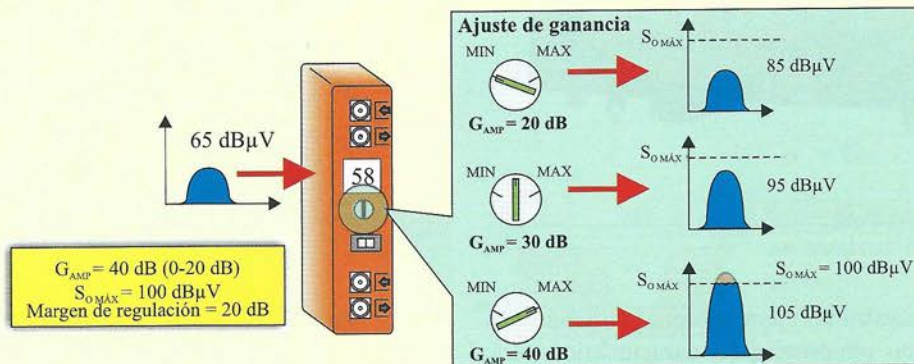


Figura 3.28. Ejemplo de ajuste de ganancia.

(continúa)

Ejemplo 3.8. Ajuste de ganancia de un amplificador monocanal

En el ejemplo, el canal a la entrada tiene un nivel de señal de 65 dBμV. Mediante el ajuste del atenuador podemos conseguir diferentes niveles de señal a la salida:

- Si ajustamos el atenuador al máximo, la ganancia es la mínima ($G_{AMP} = 20$ dB): el nivel de señal a la salida es de 85 dBμV.
- Si ajustamos el atenuador a una posición intermedia, la ganancia es de 30 dB y el nivel de salida es de 95 dBμV.
- Si ajustamos el atenuador al mínimo, la ganancia es la máxima y el nivel de señal a la salida es de 105 dBμV. Como superamos el nivel máximo que puede suministrar el amplificador, que es de 100 dBμV, la señal de salida aparecerá distorsionada.

► Recuerda:

No por ajustar el amplificador al máximo la calidad de la señal será mejor.

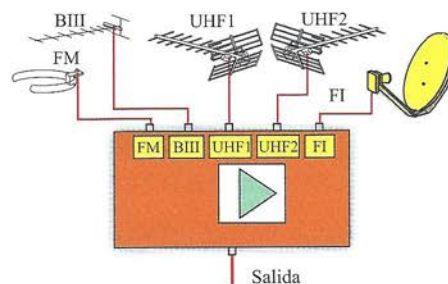
3.3.3. Amplificadores de banda ancha

Los amplificadores de banda ancha pueden amplificar de forma simultánea varios canales, generalmente una banda entera (Figura 3.29). Disponen de diversidad de entradas, una o varias para cada banda: BI, FM, BIII, UHF y FI. Las entradas son regulables, lo que permite la ecualización por bandas. También incorporan una fuente de alimentación para la red eléctrica.



Figura 3.29. Amplificador de banda ancha.

La Figura 3.30 muestra un ejemplo de amplificador de banda ancha junto con sus principales características técnicas. Este amplificador incorpora entradas de FM (BII), DAB (BIII), UHF (dos entradas independientes) y FI (satélite).



Amplificador de banda ancha					
Entradas	FM	BIII	UHF1	UHF2	FI
Ganancia	35 dB	40 dB	45 dB	45 dB	40 dB
Margen de regulación	0-25 dB		0-20 dB		0-15 dB
Figura de ruido	7 dB	7 dB	9 dB	9 dB	10 dB
S_o salida máxima	110 dBμV		117 dBμV		124 dBμV

Figura 3.30. Centrales amplificadoras de banda ancha.

Algunos fabricantes suministran **centrales de amplificación programables** que incorporan diferentes amplificadores independientes para la amplificación separada de los canales de UHF, lo que permite la ecualización por canales (Figura 3.31).



Figura 3.31. Central de amplificación programable.

Sabías que...

Para instalaciones individuales o colectivas de dimensiones reducidas, existen **amplificadores de interior de vivienda**, que se diferencian respecto de los amplificadores de banda ancha en el número de entradas y en la tensión máxima de salida, que suele ser menor.

3.3.4. Mezcladores

Los **mezcladores** son dispositivos que reciben distintas señales y las distribuyen por un solo cable. La Figura 3.32 muestra un ejemplo de mezclador.

La característica básica que define a un mezclador son las **pérdidas de inserción** o de paso, que indican la atenuación que sufre la señal al atravesar el mezclador. Además, el fabricante puede suministrar el **desacoplo** o **rechazo entre entradas**, indicando la interferencia que puede provocar una entrada en la otra. Cuanto mayor sea este valor mucho mejor.

3.3.5. Filtros

Los filtros utilizados en televisión son de dos tipos: los **filtros paso-canal**, que son filtros paso banda que solo dejan pasar un canal, y los **filtros trampa** o **filtros supresores**

de canal, que son filtros banda eliminada que eliminan un único canal, dejando pasar todos los demás.

Sabías que...

Los filtros paso-canal se utilizan para dejar pasar el canal o los canales deseados. Generalmente, se fabrican de una o dos entradas, actuando estos últimos como mezcladores.

La Figura 3.33.a muestra las características de un filtro paso-canal (pasa-banda) y su símbolo electrónico, mientras que en la Figura 3.33.b muestra las características de un filtro trampa (banda eliminada) y su símbolo electrónico.

Las características principales que definen estos dispositivos son margen de frecuencias o canales afectados, la atenuación que presentará este dispositivo frente a la señal (pérdidas de inserción) y el nivel de rechazo al canal adyacente o la atenuación del canal eliminado dependiendo del tipo de filtro.

Sabías que...

Los **filtros supresores de canal** son del tipo banda eliminada que permiten atenuar al máximo, con la intención de eliminarlo, uno de los canales que se reciben a la entrada de la antena.



Figura 3.32. Características técnicas de un mezclador para mástil.

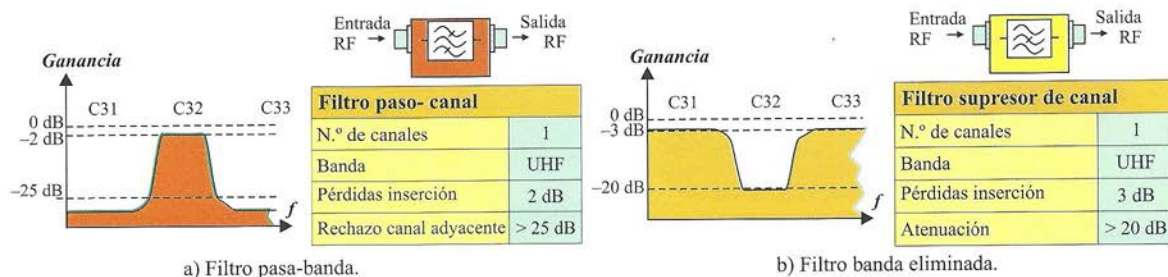


Figura 3.33. Filtros.

Ejemplo 3.9. Utilización de un filtro supresor de canal

En el ejemplo de aplicación de la Figura 3.34, se utiliza un filtro trampa en un amplificador de banda ancha para eliminar un canal (C31) que interfiere en otro de nivel más débil, que proviene de otra dirección situado a la misma frecuencia.

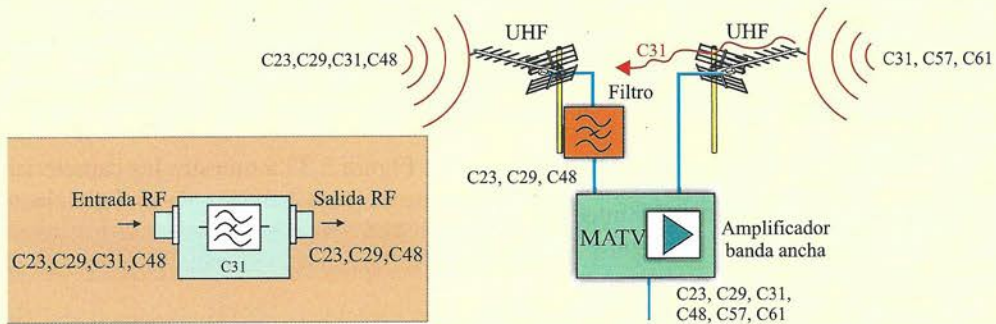


Figura 3.34. Ejemplo de aplicación de un filtro supresor de canal.

3.3.6. Atenuadores

Los **atenuadores** se utilizan para disminuir el nivel de señal cuando es necesario equilibrar señales o evitar saturaciones en los amplificadores.

Los amplificadores están diseñados para proporcionar una tensión máxima de salida que, cuando se sobrepasa, produce distorsión en la señal de salida. Cuando el nivel de entrada al amplificador de uno o varios canales es alto, es necesario atenuar la señal mediante un atenuador.

Sabías que...

Aunque existen atenuadores con atenuación fija, es común la utilización de atenuadores regulables que disponen de un tornillo de ajuste que permite variar la atenuación entre un valor máximo y mínimo, generalmente de 0 a 20 dB. El atenuador dispone en cada lado de un conector (CEI o F), que permite su intercalado en la red de distribución o en el cable de bajada de la antena.

Ejemplo 3.10. Utilización de un atenuador

La Figura 3.35 muestra un ejemplo de utilización de los atenuadores. El nivel de señal de entrada de una de las antenas es demasiado elevado, siendo necesario atenuar la señal 20 dB antes de la amplificación.

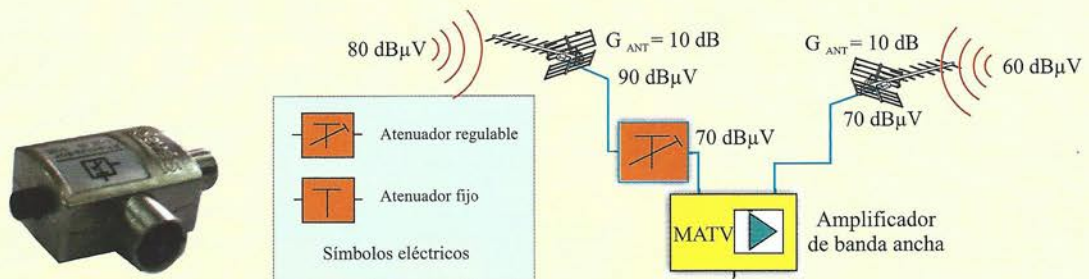


Figura 3.35. Ejemplo de utilización de un atenuador.

3.3.7. Procesadores de canal

Los **procesadores de canal** o **convertidores** son dispositivos que convierten un canal de entrada en otro de salida de frecuencia diferente. Se basan en la combinación de las frecuencias de entrada con un oscilador interno, de forma que se generan diversas combinaciones de frecuencia de las que, mediante el conveniente filtrado en la salida, se seleccionan las frecuencias que interesan.

Los convertidores actuales también utilizan la técnica Z de automezcla de entrada y salida (Figura 3.36). Las características básicas que los definen son:

- Bandas de conversión. Banda a la que pertenece el canal de entrada y banda a la que pertenece el canal de salida.
- Margen de tensión de entrada necesario para poder realizar la conversión.
- Tensión máxima de salida que puede suministrar.

Sabías que...

La utilidad principal de los procesadores es la de actuar como **convertidores de frecuencia** (el canal de entrada y el canal de salida son diferentes), pero también se pueden utilizar como amplificadores (el canal de entrada y de salida es el mismo).

3.3.8. Moduladores

Los **moduladores** generan un canal de RF a partir de señales de audio y vídeo en banda base. Esta señal puede provenir, por ejemplo, de una cámara de vídeo convencional (Figura 3.37).

De esta manera, estos dispositivos permiten añadir servicios de vídeo diferentes a los recibidos por la antena.

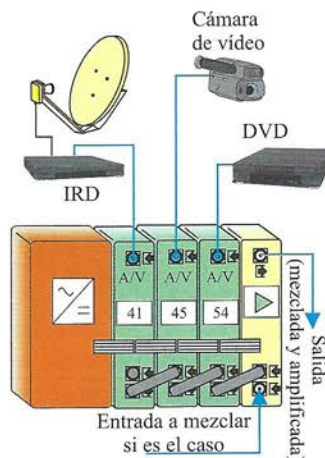


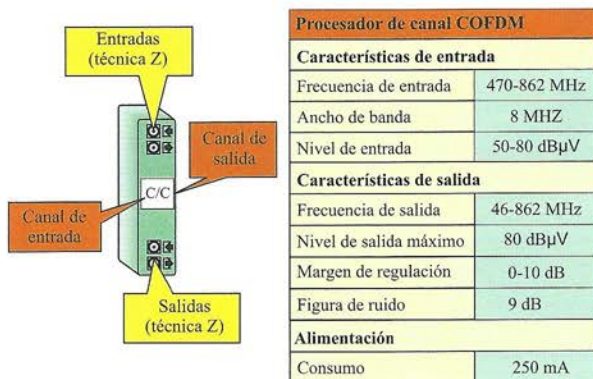
Figura 3.37. Modulador.

Los parámetros básicos que se deben configurar en este tipo de dispositivos (Figura 3.38) son:

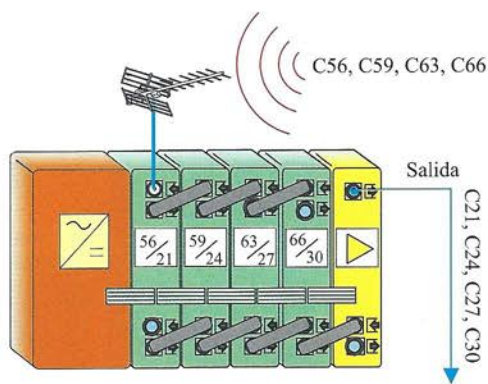
- Canal RF de salida.
- Características de la codificación de la señal de vídeo (compresión).
- Nivel de salida.

Sabías que...

Entre las aplicaciones clásicas donde es común la utilización de moduladores destacan tres: los sistemas de vídeo comunitario, la distribución de la señal de videoportero y la distribución de la señal de cámaras de vigilancia de los servicios de seguridad por la red de TV.



a) Características básicas de un procesador de canal.



b) Ejemplo de aplicación.

Figura 3.36. Procesador o con técnica Z.

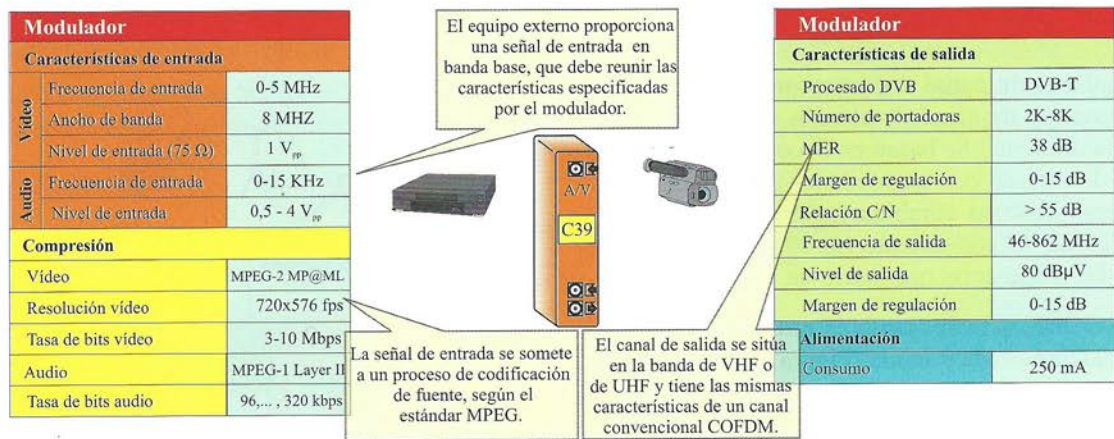


Figura 3.38. Características técnicas de un modulador.

3.3.9. Transmoduladores

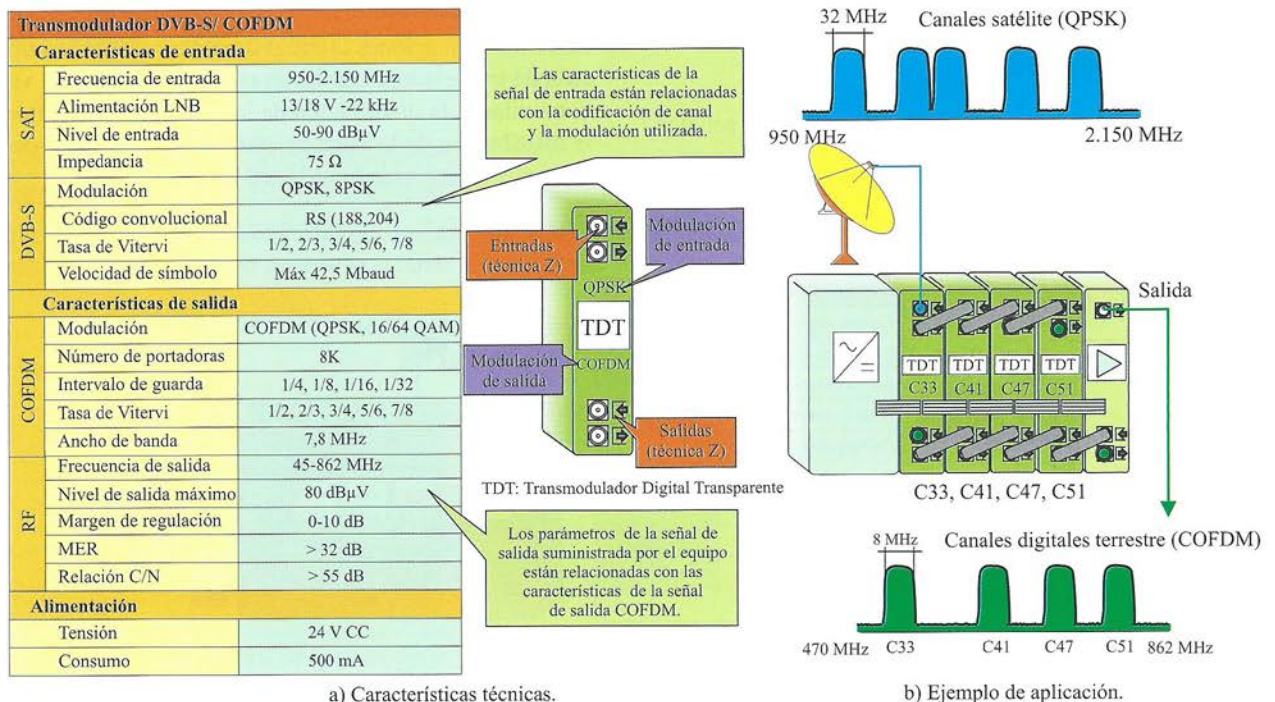
Un **transmodulador** permite distribuir los canales de televisión en las instalaciones utilizando una modulación diferente a la original.

El tipo de transmodulador más utilizado es el transmodulador DVB-S/COFDM. Este dispositivo convierte las emisiones libres de TV satélite digital y las distribuye como canales de TDT de manera que el usuario las puede sintonizar en el receptor de TV sin necesidad de un decodificador satélite externo.

Un transmodulador DVB-S a COFDM recibe un transpondedor digital de TV satélite con los formatos de modulación QPSK (DVB-S) o 8PSK/QPSK (DVB-S2) y lo desmodula obteniendo el paquete de transporte MPEG-2 correspondiente. El paquete de transporte MPEG-2 se modula con la técnica COFDM según el estándar DVB-T y se convierte en un canal de TDT en la banda de VHF/UHF.

La Figura 3.39.a muestra las principales características de un transmodulador QPSK-COFDM.

La Figura 3.39.b muestra un ejemplo de distribución de la programación de cuatro de los transpondedores satélite



a) Características técnicas.

b) Ejemplo de aplicación.

en la banda de UHF utilizando una modulación COFDM. La programación de cada módulo transmodulador comporta realizar las siguientes configuraciones:

- Selección de los parámetros del canal de entrada: frecuencia del canal, modulación de la señal, etc.
- Selección de los parámetros del canal de TV de salida: frecuencia portadora, características de la modulación de salida (intervalo de guarda, FEC,...), etc.

Sabías que...

A los módulos de transmodulación debe seguirle un equipo de amplificación que adecue el nivel de salida a la demanda de la red de distribución.

Esta amplificación puede realizarse en banda ancha, monocanal con técnica Z, monocanal sin técnica Z, etc.

En el ejemplo, debido a todos los transmoduladores pueden ajustarse al mismo nivel de salida y puede utilizarse un amplificador de banda ancha para aumentar el nivel de salida.

3.3.10. Fuentes de alimentación

Aunque la mayoría de los elementos que forman parte de las instalaciones de distribución de señal de televisión terrestre son pasivos, es decir, no necesitan alimentación, existen otros formados por componentes activos que necesitan ser alimentados para su correcto funcionamiento.

Habitualmente, las fuentes de alimentación suministran una corriente continua de 24 V y se conectan a la red de distribución eléctrica de 230 V CA.

Cuando el número de elementos que debe alimentar la fuente de alimentación es elevado hay que asegurarse de que la fuente sea capaz de suministrar la corriente necesaria para la alimentación de todos los componentes.

Sabías que...

Algunos amplificadores llevan incorporado la fuente de alimentación, pero otros no, siendo necesaria la utilización de una fuente de alimentación externa que suministre la corriente a estos elementos.

Ejemplo 3.11. Diseño de la fuente de alimentación del sistema de amplificación monocanal

La Figura 3.40.a muestra las características de tres fuentes de alimentación para un sistema de amplificación monocanal.

Se desea realizar el diseño de la fuente de alimentación del sistema de amplificación monocanal de la Figura 3.40.b. Las características de los amplificadores utilizados son los de la Figura 3.22.

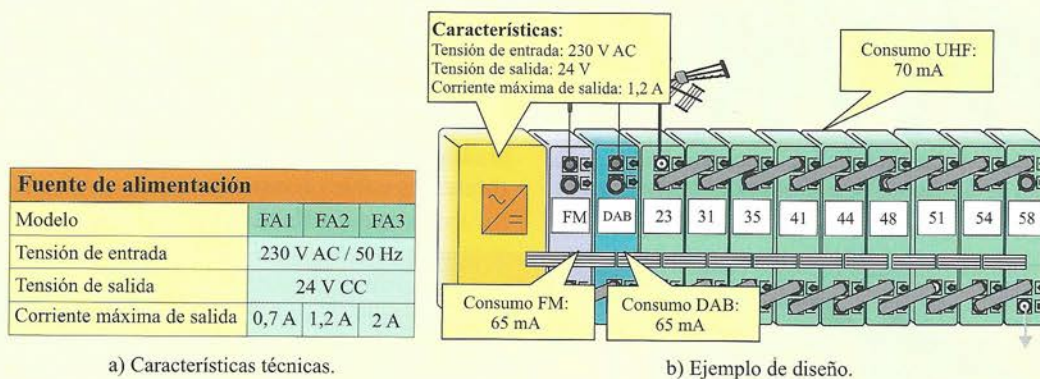


Figura 3.40. Fuente de alimentación para un sistema de amplificación monocanal.

El consumo total del sistema (I_{TOTAL}) dependerá del consumo individual (I_i) de cada uno de los componentes que debe alimentar la fuente:

$$I_{TOTAL} = \sum I_i = 65 \times 1 + 65 \times 1 + 70 \times 9 = 760 \text{ mA}$$

Una fuente adecuada para este sistema es la de referencia FA2, que puede suministrar hasta 1,2 A.

3.4. Red de distribución

La **red de distribución** es la encargada de que la señal de televisión recibida por la antena y procesada por el equipo de cabeza llegue al usuario final.

Los principales elementos que forman la red de distribución son:

- Distribuidores.
- Repartidores.
- Tomas de usuario.
- PAU.

De los elementos de distribución de la señal de TV existen de diferentes tipos, tal y como muestra la Figura 3.41, en función del método de instalación requerido en cada caso. Además, como elemento fundamental, ya que está presente en todas las partes de la instalación, hay que tener en cuenta la línea de transmisión de la señal de TV por la red, que es el cable coaxial.



Figura 3.41. Elementos de distribución de la señal de TV.

Sabías que...

Las características de la señal de televisión determinan el tipo de línea de transmisión que se utiliza para la distribución de la señal de TV. Estas características básicamente son dos: la corriente que circula es muy débil y su frecuencia muy elevada. Esto obliga a utilizar un medio de transmisión que, por un lado ofrezca alta inmunidad a las interferencias externas, y por otro tenga una atenuación baja. El cable coaxial reúne estas dos características.

3.4.1. Líneas de transmisión

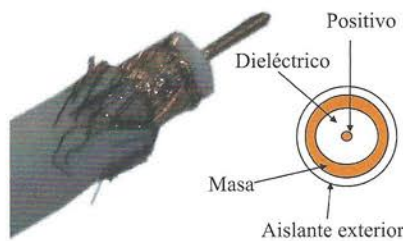
Las **líneas de transmisión** son los cables coaxiales de baja- da desde la antena hasta el receptor de televisión.

La Figura 3.42.a muestra la estructura de un **cable coaxial**. Este está formado por un conductor que se encuentra rodeado por un material aislante. Este material aislante a su vez se encuentra rodeado por un conductor cilíndrico que normalmente es una malla de tejido conductor trenzado y que realiza las funciones de masa. El conductor externo está protegido por una capa de plástico que procura el aislamiento exterior.

Los cables coaxiales utilizados en distribución de señal de televisión están normalizados y tienen una impedancia característica de 75 Ω.

El parámetro más importante que lo define es la **atenuación** y se expresa generalmente en dB/100 m, es decir, la atenuación que produce un cable de 100 m. Además, esta atenuación depende de la frecuencia, es decir, un canal de TV que emite a una frecuencia se atenuará menos que un canal de TV que emite a una frecuencia mayor. Generalmente, el fabricante suministra la información de atenuación por bandas de televisión.

La Figura 3.42.b muestra las características técnicas de diferentes cables coaxiales.



a) Estructura.

Cable coaxial				
Referencia		CC1	CC2	CC3
Atenuación (dB/100m)	47 MHz	4,36	2,9	1,2
	100 MHz	6,6	4,1	1,8
	470 MHz	13,8	8,3	4,3
	860 MHz	18,7	11,5	6,0
	950 MHz	19,6	14,6	8,3
	2.150 MHz	29,5	19,1	11,1
Velocidad de propagación		0,84	0,84	0,85
Impedancia		75 Ω	75 Ω	75 Ω

b) Características técnicas.



Conexión fija

CEI

F

c) Conectores.

Ejemplo 3.12. Cálculo de la atenuación de un cable coaxial

La tabla de atenuaciones del cable coaxial no refleja la atenuación para todas las frecuencias, por lo que para el análisis de la atenuación de un canal utilizaremos la frecuencia más cercana.

La atenuación del cable de referencia CC1 de la Figura 3.42.b para un canal de la banda V ($f = 860$ MHz) es de 18,7 dB/100m. Por tanto, un metro de cable tiene una atenuación de 0,187 dB/m. Un cable de 30 m tiene una atenuación de 5,61 dB:

$$L_{CABLE}(30\text{ m}) = L_{CABLE}(\text{dB/m}) \times \text{longitud} = 0,187\text{ dB/m} \times 30\text{ m} = 5,61\text{ dB}$$

El mismo cable, para los canales de FM ($f = 100$ MHz) tiene una atenuación de 0,066 dB/m (6,6 dB/100). La atenuación del cable de 30 m para esta frecuencia es de 1,98 dB:

$$L_{CABLE}(30\text{ m}) = 0,066\text{ dB/m} \times 30\text{ m} = 1,98\text{ dB}$$

Conectores de cable coaxial

Existen diferentes formas de conexión del cable coaxial, tal y como se muestra en la Figura 3.42.c, con los elementos que forman una instalación.

Si se requiere una **conexión fija** se puede realizar la fijación directa mediante tornillos y bridas. Este es el caso, por ejemplo, de la unión de la antena con el cable coaxial de bajada de una instalación de distribución de la señal de TV.

Cuando la conexión no es fija se pueden utilizar conectores que facilitan la conexión y desconexión del cable de los demás elementos de una instalación.

Para la conexión de los dispositivos que forman parte de una instalación existen en el mercado diferentes tipos de conectores que mantienen el apantallamiento entre los dos conductores del cable coaxial. Los principales conectores que se utilizan en las instalaciones de antenas son los **conectores CEI** y los **conectores F**. Todos ellos disponen

de una versión macho y hembra que facilita la conexión del cable coaxial con los demás elementos.

Sabías que...

La principal utilidad del conector CEI está en la conexión de la instalación de distribución (tomas de usuario) con el equipo receptor final (televisor). Esta conexión se realiza a presión mediante la utilización de un conector CEI macho sobre otro hembra. Estos conectores se pueden encontrar rectos o acodados.

3.4.2. Repartidores

Los **repartidores**, también denominados **distribuidores** (Figura 3.43), se utilizan fundamentalmente en las instalaciones colectivas. Su principal función es distribuir la señal a diferentes salidas, generando varias líneas de bajada a partir de una sola entrada. La Figura 3.44 muestra los símbolos normalizados de los repartidores.



Figura 3.43. Repartidor de dos salidas.

Sabías que...

Los fabricantes utilizan símbolos funcionales más que símbolos normalizados.

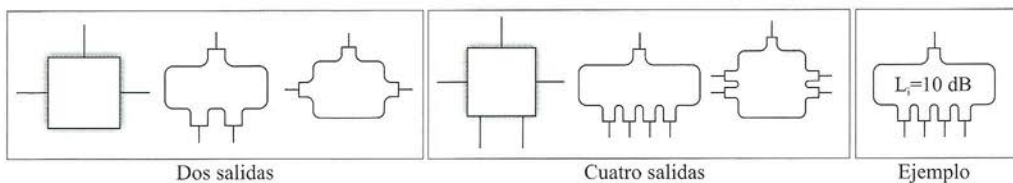


Figura 3.44. Símbolos normalizados de los repartidores.



Repartidores				
Referencia	R1	R2	R3	
Número de salidas	2	3	4	
Atenuación de paso	BI-BII	4 dB	7 dB	8 dB
	BIV-BV	4,5 dB	8 dB	8,5 dB
	FI	6 dB	10 dB	11 dB
Aislamiento entre salidas	BI-BII	> 20 dB	> 20 dB	> 22 dB
	BIV-BV	> 28 dB	> 28 dB	> 28 dB
	FI	> 28 dB	> 28 dB	> 28 dB

Figura 3.45. Características comerciales de repartidores.

Las principales características que definen a los repartidores, que se indican en la Figura 3.45, son:

- **Número de salidas.** Valores típicos son 2, 4 y 6 salidas.
- **Pérdidas de inserción o de paso (L_p).** Indica la atenuación que sufre la señal a su paso por el distribuidor. Valores típicos de pérdidas son 2 a 8 dB, dependiendo del número de salidas.
- **Aislamiento o rechazo entre salidas.** Indican la capacidad de rechazo de una interferencia producida en una de las salidas sobre las demás. Un valor típico de aislamiento es 25 dB.

Además, el fabricante proporciona el margen de frecuencias de utilización en el que son válidas las características anteriores.

3.4.3. Derivadores

Los **derivadores** (Figura 3.46) son dispositivos que suministran una o varias ramificaciones a partir de una línea de distribución de bajada de señal, tomando una parte de la señal que circula por esta línea sin prácticamente afectarla. Se utilizan para realizar derivaciones desde la línea principal hasta la instalación interior del usuario. La Figura 3.47 muestra los símbolos normalizados que representan a los derivadores.



Figura 3.46. Derivador de 2 salidas.

Aunque un derivador es muy similar a un repartidor, su función es totalmente diferente, ya que posee una salida de paso de la línea principal, que se dirige a otros derivadores, y las salidas de derivación, que se dirigen a las tomas de usuario situadas en la instalación interior de la vivienda.

Las principales características que definen a los derivadores se muestran en la Figura 3.48:

- **Número de salidas de derivación:** valores típicos son 2 y 4 salidas.
- **Pérdidas de derivación (L_d):** indica la atenuación que sufre la señal a su paso por él, cuando se dirige a una toma de usuario o vivienda. Valores típicos de pérdidas son 15 a 30 dB.

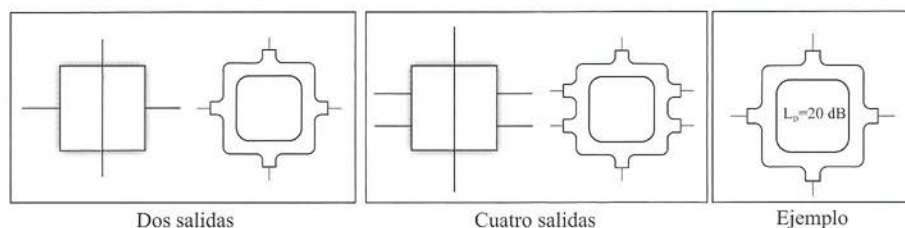
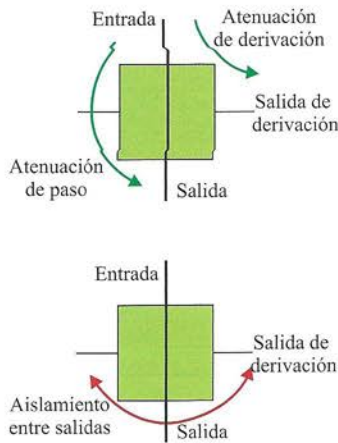


Figura 3.47. Símbolos normalizados de los derivadores.



Derivadores					
Referencia	D1	D2	D3	D4	
Número de salidas	2	2	2	2	
Planta de instalación	1	2 y 3	4 a 6	7 a 12	
Atenuación de paso	BI-BII	2,5 dB	2 dB	2,5 dB	2,5 dB
	BIV-BV	3 dB	2,5 dB	2,5 dB	2,5 dB
	FI	3,8 dB	3,5 dB	3,5 dB	3,5 dB
Atenuación de derivación	BI-BII	15 dB	20 dB	25 dB	30 dB
	BIV-BV	15 dB	20 dB	25 dB	30 dB
	FI	16 dB	22 dB	27 dB	33 dB
Aislamiento entre salidas	BI-BII	45 dB	45 dB	40 dB	40 dB
	BIV-BV	35 dB	40 dB	40 dB	40 dB
	FI	30 dB	40 dB	40 dB	40 dB

Figura 3.48. Características de derivadores comerciales.

- **Atenuación de paso o pérdidas inserción (L_i):** atenuación que sufre la señal de la línea de distribución principal cuando atraviesa un derivador. Valores típicos son de 0,5 a 4 dB.
- **Aislamiento o rechazo entre salidas:** indica la capacidad de rechazo de una interferencia producida en una de las salidas sobre las demás. Un valor típico de aislamiento es de 30 dB.

Las **tomas finales** son los elementos encargados de entregar la señal al usuario para aplicarla al receptor de TV, mientras que las **tomas de paso**, además, permiten que la línea continúe hacia otra toma.

En la Figura 3.50 se muestran los símbolos normalizados.

Sabías que...

Un derivador deja pasar casi toda la señal hacia otras plantas, por eso su atenuación de paso es muy pequeña, y deriva un poco de señal hacia cada una de las viviendas de una planta, por lo que las pérdidas de derivación son muy grandes.

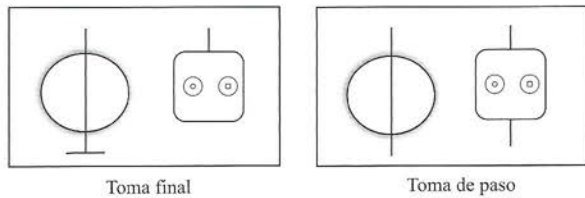


Figura 3.50. Símbolos de las tomas de usuario.

3.4.4. Tomas de usuario

La **toma de usuario** o **BAT** (base de acceso de terminal) es el dispositivo situado en la vivienda que permite la conexión del receptor de TV a la red. Existen dos tipos diferentes: las tomas de paso y las tomas finales (Figura 3.49).

Las hay de diferentes tipos: con toma solo de TV, con toma de TV y FM, aunque debido a la amplia difusión de los sistemas de distribución de la señal de televisión satélite, también existen tomas para la recepción de señal de FI (frecuencia intermedia).

Las principales características que definen a las tomas de usuario (Figura 3.51) son:

- Atenuación de derivación
- Atenuación de paso o pérdidas de inserción.
- Rechazo o aislamiento entre las tomas. Indican la capacidad de rechazo de una interferencia producida en una de las salidas sobre las otras.

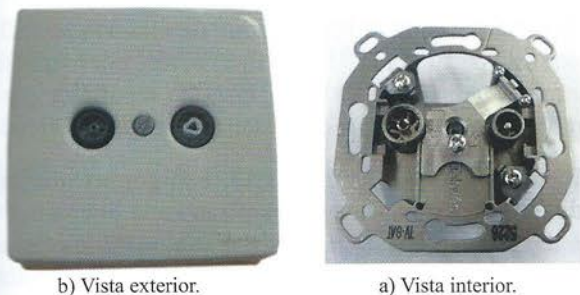
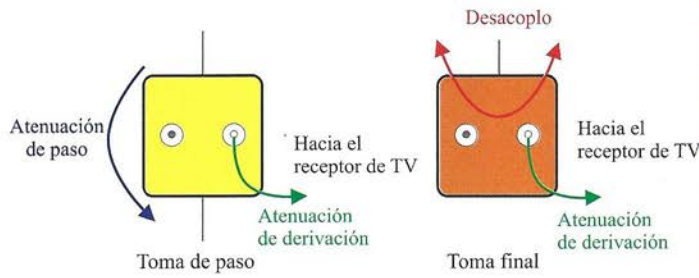


Figura 3.49. Toma de usuario (BAT).

Recuerda:

La ICT denomina a las tomas de usuario como BAT (base de acceso de terminal).



Tomas de usuario			
Referencia	T1	T2	T3
Tipo	Final	Paso	Paso
Número de salidas	2 (TV/FI)		
Atenuación de paso	BI-BII	---	1,5 dB
	BIV-BV	---	2 dB
	FI	---	3 dB
Atenuación de derivación	BI-BII	2 dB	14 dB
	BIV-BV	2 dB	14 dB
	FI	3 dB	14 dB
Aislamiento	30 dB	30 dB	30 dB

Figura 3.51. Características tomas de usuario.

3.4.5. PAU

El PAU (Punto de Acceso al Usuario) es un elemento exclusivo de las instalaciones de ICT, ya que se utiliza para seleccionar la señal de uno de los dos cables de bajada que forman la red de distribución y dispersión de la ICT.

► Recuerda:

Las instalaciones convencionales que no tienen ICT no utilizan PAU.

El PAU (Figura 3.52) es el elemento en el que comienza la red interior del domicilio del usuario. Se ubica en el interior del domicilio del usuario y permite a este la selección del cable de la red de dispersión que desee.

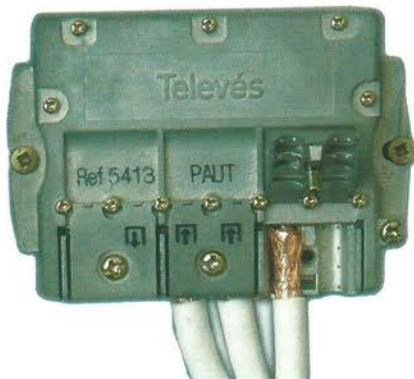


Figura 3.52. PAU.

El PAU, tal y como muestra el ejemplo de la Figura 3.53.b, debe estar asociado a 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 las ICT la red interior de usuario debe estar distribuida en estrella.

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 sintonizar en un instante determinado, 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 o local comercial.

► Recuerda:

La normativa especifica que el PAU o el repartidor asociado al PAU tenga tantas salidas como estancias de la vivienda, ya que se debe instalar como mínimo una toma de usuario por cada estancia.

La Figura 3.53.a 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.

La instalación de la **red interior de usuario** se realiza en estrella a partir del PAU de la instalación, por lo que será necesario añadir a la salida del PAU un repartidor con el mismo número de salidas que estancias tenga la vivienda.

También se comercializan **PAU con repartidor integrado**, características que se muestran en la Figura 3.54.a. De este modo solo se tiene la señal de uno de los ramales en cada toma de manera permanente. Como la instalación del equipo de cabeza satélite no es obligatoria, tampoco lo es la distribución de las señales de TV satélite en el interior

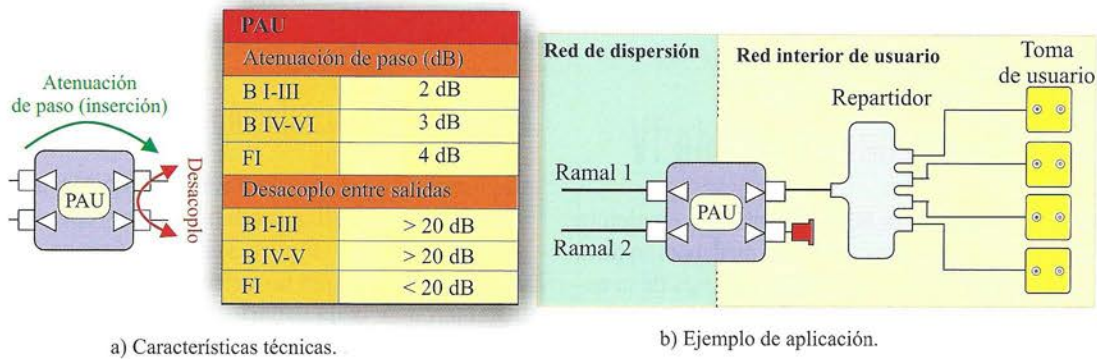


Figura 3.53. PAU.

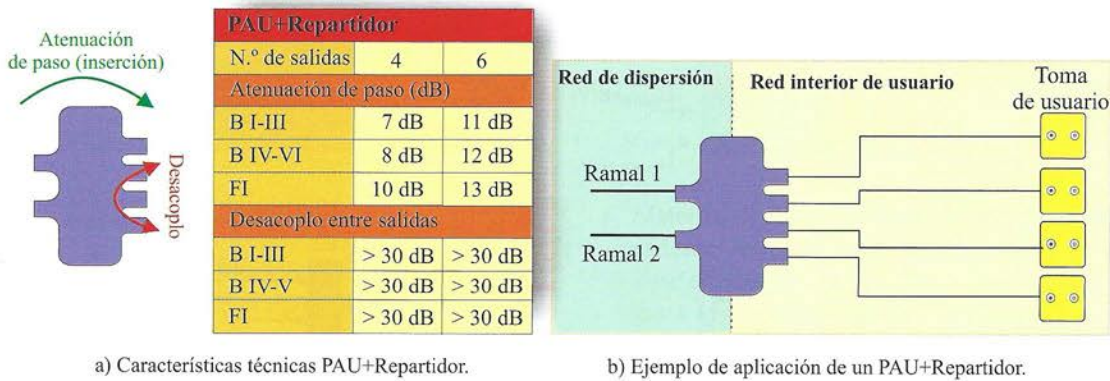


Figura 3.54. PAU con repartidor integrado.

de la vivienda, siendo suficiente que uno de los ramales finalice en el PAU, mientras se reparte la señal del otro ramal (Figura 3.54.b).

se encapsulan de manera apropiada para facilitar su conexión con el dispositivo (Figura 3.55).

Sabías que...

En el caso de viviendas, el número de tomas de usuario (BAT) que se deben instalar según el reglamento de la ICT es de una por cada estancia, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos. Para el caso de locales u oficinas, el número de tomas se fijará en el proyecto de la instalación en función de su superficie o distribución por estancias, con un mínimo de una por local u oficina.



Figura 3.55. Ejemplo de resistencias de terminación.

3.4.6. Resistencias de terminación

Las salidas y entradas que no se utilizan en una instalación de distribución de TV, tanto activos como pasivos, deben cerrarse con una resistencia de terminación de 75 Ω . Dependiendo del tipo de conector utilizado, estas resistencias

3.5. Tipologías de redes en las instalaciones de distribución de la señal de TV

El anexo I del **reglamento de la ICT** especifica la estructura y las características que debe reunir la red de distribución de la señal de TV. Todos los edificios construidos después de la entrada en vigor del reglamento deben tener la misma estructura.

Los edificios construidos antes de la entrada en vigor del reglamento de la ICT pueden tener diferentes tipolo-

gías, además de las viviendas unifamiliares que no se rigen por este reglamento.

3.5.1. Instalación individual

La distribución de la señal de televisión en una **instalación individual** se realiza mediante un sistema de distribución por cajas de paso (Figura 3.56.a) que no es útil en un sistema colectivo, ya que no permite independizar la parte de la instalación de cada usuario.

Las instalaciones unifamiliares actuales, utilizan una distribución en estrella como la de la Figura 3.56.b.

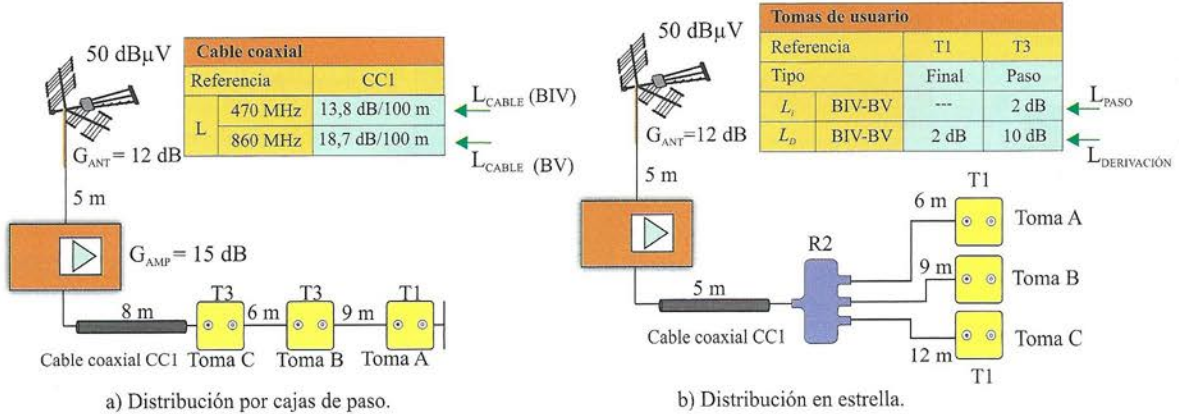


Figura 3.56. Ejemplo de instalación individual.

Ejemplo 3.13. Análisis de una instalación individual

Debido al amplio margen de frecuencias que cubre la banda de UHF, el análisis de la instalación de la Figura 3.56.a debe realizarse para cada una de las bandas. Las características de los componentes utilizados (T1 y T3) y del cable coaxial (CC1) están reflejados en las tablas de la Figura 3.56. El cálculo de las pérdidas de la red se realiza a partir de la salida del amplificador.

En la **banda IV**, se analiza la atenuación de la red para la frecuencia más baja (470 MHz), calculando las pérdidas de la red para la toma más favorable, es decir, la que menos atenuación tiene (Figura 3.57.a). En este caso, las pérdidas del cable coaxial se calculan a la frecuencia de 470 MHz. Del análisis de la instalación se observa que la toma más favorable es la toma C, en la que existe un nivel de señal de 67,14 dBμV. Para esta toma, las pérdidas de la red de distribución, a partir del amplificador, son de 9,17 dB:

$$L_{MIN} = L_1 + L_{PASO}(T3) + L_2 + L_{PASO}(T3) + L_3 + L_{DERIVACION}(T1) = 1,1 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0,83 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 1,24 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 9,17 \text{ dB}$$

En el caso de la **banda V**, el cálculo de las pérdidas se realiza a la frecuencia más alta (862 MHz), calculando, por tanto, las pérdidas de la red para la toma más desfavorable, es decir, la que más pérdidas tiene (Figura 3.57.b). En este caso, las pérdidas del cable coaxial se calculan a la frecuencia de 870 MHz. Del análisis de la instalación se observa que la toma más desfavorable es la toma B, en la que existe un nivel de señal de 61,45 dBμV. Para esta toma, las pérdidas de la red de distribución son de 14,62 dB:

$$L_{MAX} = L_1 + L_{PASO}(T3) + L_2 + L_{DERIVACION}(T3) = 1,5 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 1,12 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 14,62 \text{ dB}$$

En la Figura 3.57 se detallan los niveles de señal en los diferentes puntos de la instalación.

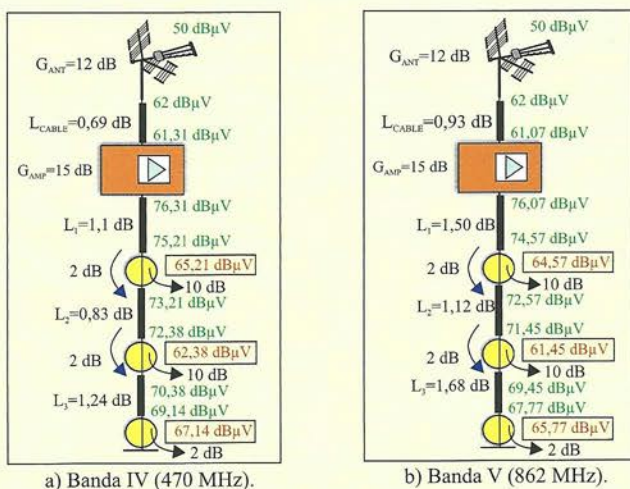


Figura 3.57. Análisis de una instalación individual.

3.5.2. Instalaciones colectivas

En función de la red de distribución utilizada, las instalaciones se pueden clasificar en tres tipos básicos:

- **Sistema de distribución mediante derivadores.** La utilización de un sistema de distribución mediante derivadores se caracteriza porque existe separación entre las tomas de cada usuario de la instalación, de forma que el mal funcionamiento de las tomas de una vivienda no afecta al resto de las viviendas de la instalación. En el ejemplo de la Figura 3.58.a se distribuye la señal a un edificio que tiene dos viviendas por planta y una sola toma por vivienda, pero la instalación interior de usuario puede adoptar cualquier configuración.

- **Sistema de distribución mediante repartidores.** El sistema de distribución mediante repartidores consiste en utilizar un repartidor detrás de otro hasta llegar a las tomas de usuario de la instalación interior. La Figura 3.58.b. muestra una instalación típica de esta red de distribución.
- **Sistema de distribución mixto.** La principal utilidad de los repartidores es la utilización conjunta con los derivadores, permitiendo el diseño óptimo de la red de distribución. Se utilizan uno o varios repartidores cuando hay que distribuir la señal entre muchas viviendas en una misma planta, como por ejemplo un edificio con varias escaleras. La Figura 3.58.c muestra la instalación típica de esta red de distribución.

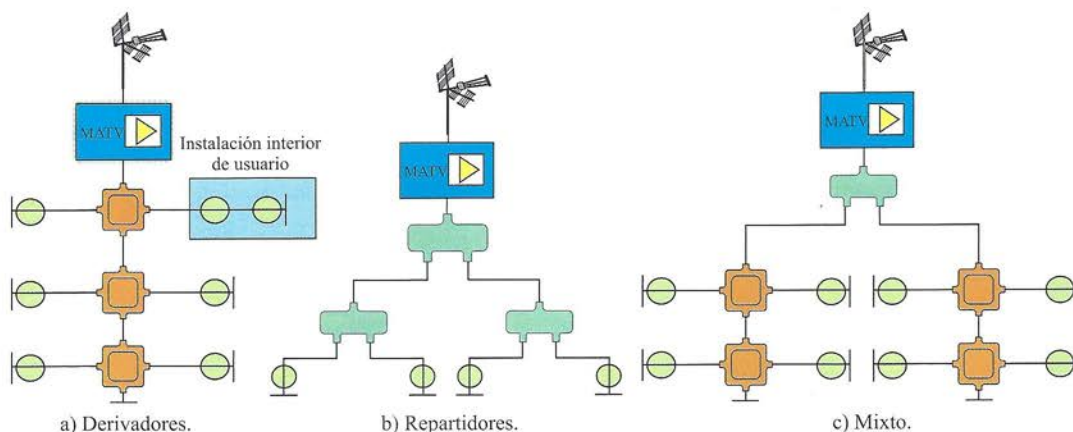


Figura 3.58. Sistema de distribución colectivo.

Recuerda:

A medida que las dimensiones de una instalación crecen es necesaria la utilización de nuevos elementos que faciliten la distribución de la señal de TV y eviten que las interferencias de un usuario afecten al resto de usuarios de la instalación. Estos nuevos elementos son los repartidores y los derivadores.

3.5.3. Instalación colectiva de una ICT

La red de distribución de las instalaciones de ICT utiliza un sistema de distribución mediante derivadores como la mostrada en la Figura 3.59.a.

En una ICT se distribuyen la señal de TV terrestre y la señal de TV de dos satélites, por lo que obliga a utilizar dos ramales de cable coaxial que finalizan en el PAU de la red interior de usuario. El PAU de la instalación interior de usuario selecciona uno de los cables de bajada, por lo que la instalación equivalente que resulta es la mostrada en la Figura 3.59.b.

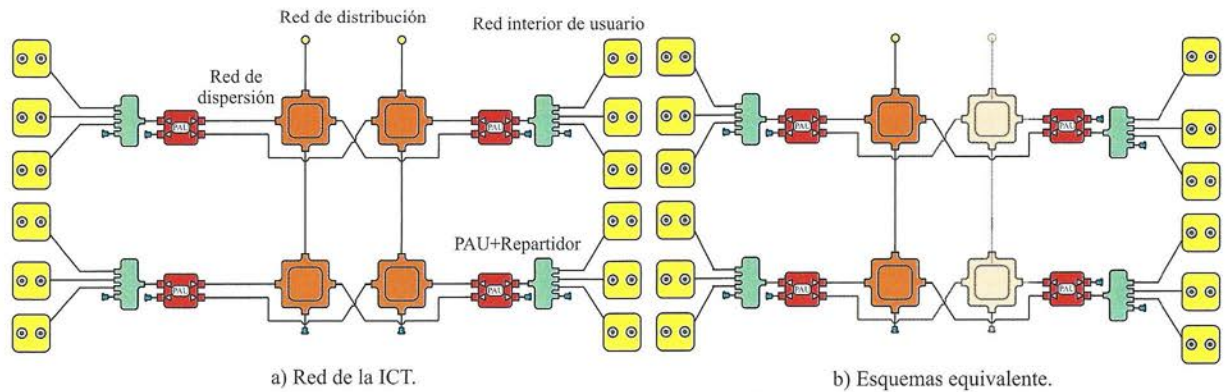


Figura 3.59. Red de la ICT.

3.5.4. Red interior de usuario

En una vivienda, la señal de TV se debe repartir entre diferentes tomas mediante la **red interior de usuario**. Se pueden utilizar dos sistemas diferentes de distribución de la señal: en serie y en estrella.

Tradicionalmente, hasta la entrada en vigor del reglamento de la ICT, las instalaciones se han realizado con las tomas en serie (Figura 3.60.a).

Debido a las ventajas que presentan actualmente la mayoría de redes interiores se configuran en estrella (Figura 3.60.b). La principal ventaja de la distribución interior en estrella es que se consigue una total independencia entre las tomas de un mismo usuario. Además, la atenuación de la red está más equilibrada, ya que la atenuación en todas las tomas de cada planta, prácticamente es la misma y las pequeñas diferencias se deben a la longitud del cable, que depende de la situación de las tomas dentro de la vivienda. En este sistema, todas las tomas de usuario son finales.

Actualmente, la normativa obliga a una distribución de las tomas de usuario en estrella, donde se utiliza un repartidor en la vivienda del usuario y para seleccionar el ramal del cable coaxial de bajada se utiliza un PAU (Figura 3.60.c).

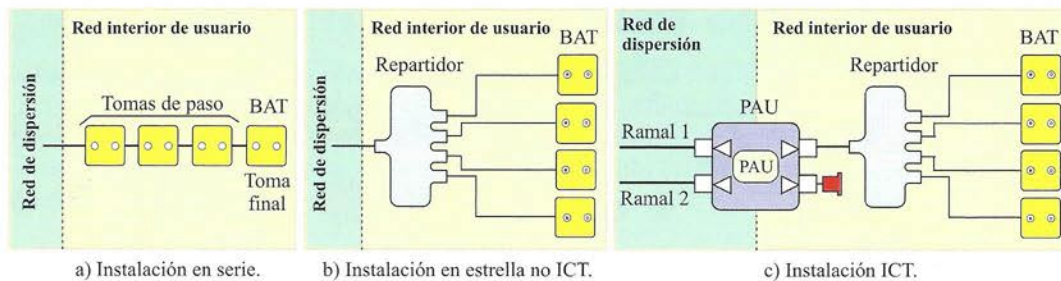


Figura 3.60. Red interior de usuario.

Ejemplo 3.14. Red de una ICT

La Figura 3.61 muestra la red que distribuye la señal de TV de una ICT.

La distribución de la señal de TV en la red interior de usuario se realiza a partir de un PAU-repartidor de cuatro salidas, por lo que resulta una estructura en estrella. Como la vivienda solo tiene tres estancias (BAT) una de las salidas del repartidor del PAU se cierra con una resistencia de terminación. Las tomas utilizadas son todas finales (T1).

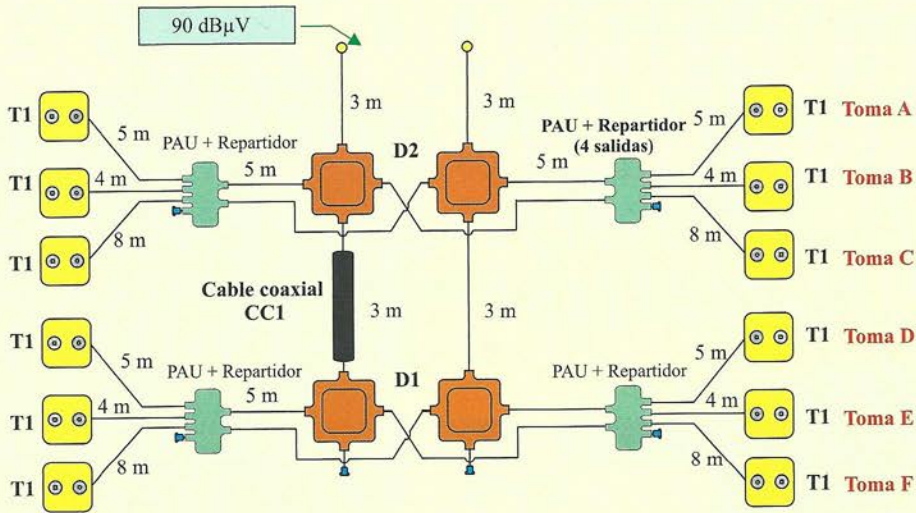


Figura 3.61. Red de una ICT.

En la Figura 3.62 se resume el análisis de la red para las bandas IV y V de UHF. La atenuación de los componentes para la banda IV y para la banda V se considera igual, en cambio la atenuación del cable coaxial se considera a una frecuencia significativa de cada banda.

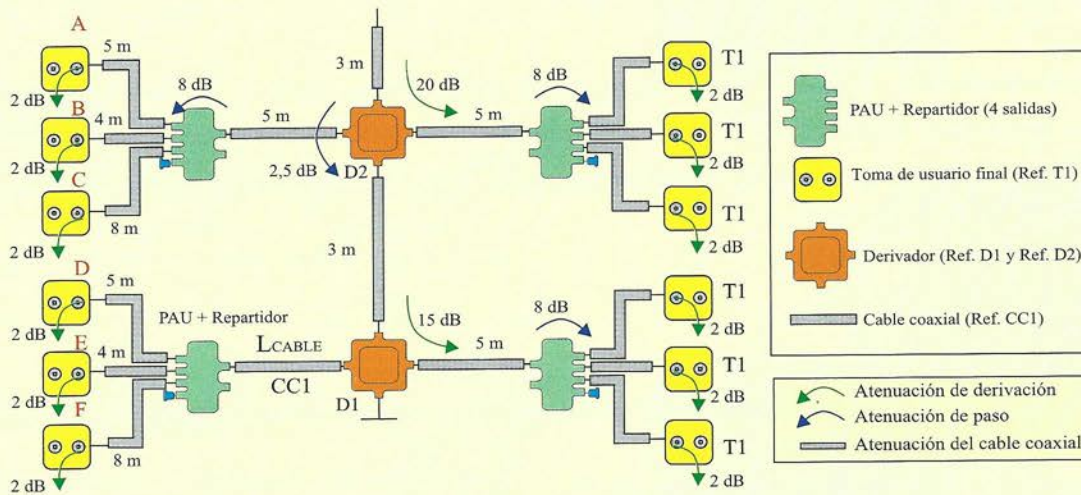


Figura 3.62. Análisis de la red.

El análisis de la atenuación del cable coaxial hasta cada toma de usuario de la red se resume en la Tabla 3.1.

(continúa)

Ejemplo 3.14. Red de una ICT**Tabla 3.1.** Atenuación de los tramos del cable coaxial.

Atenuación del cable coaxial			
Toma	d (m)	L_{CABLE} (470 MHz)	L_{CABLE} (862 MHz)
A	13	1,8 dB	2,4 dB
B	12	1,7 dB	2,2 dB
C	16	2,2 dB	3,0 dB
D	16	2,2 dB	3,0 dB
E	15	2,1 dB	2,8 dB
F	19	2,6 dB	3,5 dB

La Tabla 3.2 resume el cálculo de la atenuación de la red para la banda IV y para la banda V, teniendo consideración los efectos combinados del cable coaxial y de los componentes.

Tabla 3.2. Atenuación de los tramos del cable coaxial.

Atenuación de la red		470 MHz		862 MHz	
Toma	$L_{COMPONENTES}$ (dB)	L_{CABLE} (dB)	L_{RED} (dB)	L_{CABLE} (dB)	L_{RED} (dB)
A	$20 + 8 + 2 = 30$	1,8	31,8	2,4	32,4
B	$20 + 8 + 2 = 30$	1,7	31,7	2,2	32,2
C	$20 + 8 + 2 = 30$	2,2	32,2	3,0	33,0
D	$2,5 + 15 + 8 + 2 = 27,5$	2,2	29,7	3,0	30,5
E	$2,5 + 15 + 8 + 2 = 27,5$	2,1	29,6	2,8	30,3
F	$2,5 + 15 + 8 + 2 = 27,5$	2,6	30,1	3,5	31,0

La **toma más favorable** en la banda IV-V es la E a la frecuencia de 470 MHz, que tiene una atenuación de 29,6 dB.

La **toma más desfavorable** en la banda IV-V es la C, a la frecuencia de 862 MHz, que tiene una atenuación de 33,0 dB.

La atenuación de la red de distribución desde la salida del equipo de cabeza hasta cada una de las tomas de usuario está comprendida entre los dos valores siguientes:

- $L_{MÁX} = 33,0$ dB (toma C a 862 MHz).
- $L_{MÍN} = 29,6$ dB (toma E a 470 MHz).

Cálculo del nivel de señal en las tomas de usuario

La salida del equipo de cabeza se ajusta a 90 B μ V. El nivel de señal a la salida de cada toma dependerá de la atenuación de la red.

El nivel de señal en la toma más favorable es de 60,4 dB μ V:

$$S_{MÁX} = S_o - L_{MÍN} = 90 \text{ dB}\mu\text{V} - 29,6 \text{ dB} = 60,4 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El nivel de señal en la toma más desfavorable es de 57,0 dB μ V:

$$S_{MÍN} = S_o - L_{MÁX} = 90 \text{ dB}\mu\text{V} - 33,0 \text{ dB} = 57,0 \text{ dB}\mu\text{V}$$

En el resto de tomas el nivel de la señal está comprendido entre estos dos valores.

3.6. El medidor de campo

El **medidor de campo** (Figura 3.63) es un equipo de medida diseñado para la instalación y mantenimiento de los sistemas de recepción y distribución de señal de televisión, cuya principal función es la de medir el nivel de señal de TV en cualquier punto de una instalación, desde la entrada de antena hasta la toma de usuario.



Figura 3.63. Medidor de campo.

El medidor de campo es un dispositivo preparado para cubrir los márgenes de frecuencia correspondientes a las bandas de difusión de TV terrestre (RF), así como la que corresponde a la salida de antena (FI) en los sistemas de TVSAT.

Sabías que...

Muchos medidores, además, disponen de un indicador acústico que, mediante diferentes tonos, indica el nivel de señal que se recibe, facilitando el apuntamiento de la antena, ya que no es necesario estar pendiente de la lectura del medidor.

3.6.1. Aplicaciones

La utilización del medidor de campo para el análisis de la señal es adecuada en las siguientes circunstancias:

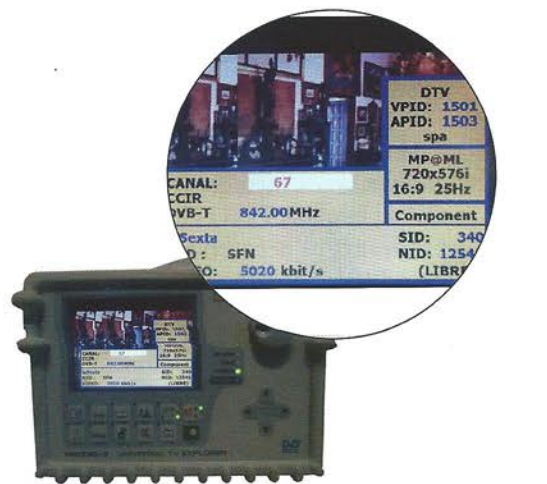
- **Sistema de captación.** La medida de la señal a pie de la antena permite identificar los canales que se reciben y su nivel de señal, tanto de los canales útiles como de las señales interferentes. Esto facilita el diseño de los elementos necesarios para la distribución

de la señal recibida con la calidad adecuada. También permite realizar el apuntamiento óptimo de una antena, tanto terrestre como parabólica.

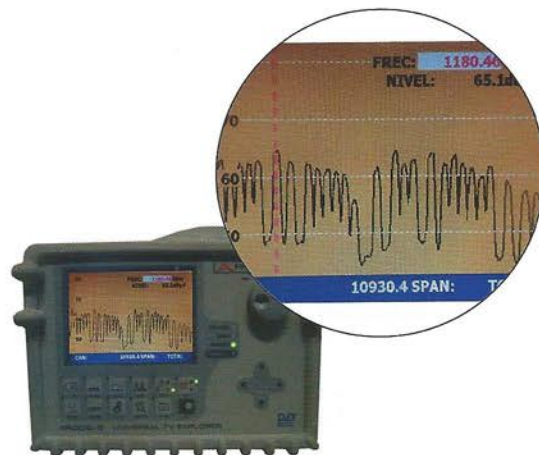
- **Equipo de cabeza.** Ajuste adecuado del nivel de salida de los amplificadores.
- **Red de distribución.** La medida de la señal en la toma de usuario permite verificar que la calidad de la señal es la adecuada, garantizando la correcta instalación de los equipos que forman la red.

3.6.2. Métodos de medida de la señal

Los medidores de campo avanzados incorporan dos modos básicos de funcionamiento: el modo TV (Figura 3.64.a) y el modo analizador de espectros (Figura 3.64.b). Dependiendo del modo utilizado, las características y las posibilidades de la medida son diferentes.



a) Modo TV.



b) Modo espectro.

Figura 3.64. Modos básicos de funcionamiento.

Modo de TV

A partir de la entrada de RF, el medidor proporciona información del nivel de señal. Generalmente, esta información se presenta mediante una lectura directa en pantalla en dB μ V, que es útil para la toma de medidas, o mediante una barra gráfica, que es útil para el apuntamiento de antenas (Figura 3.65).

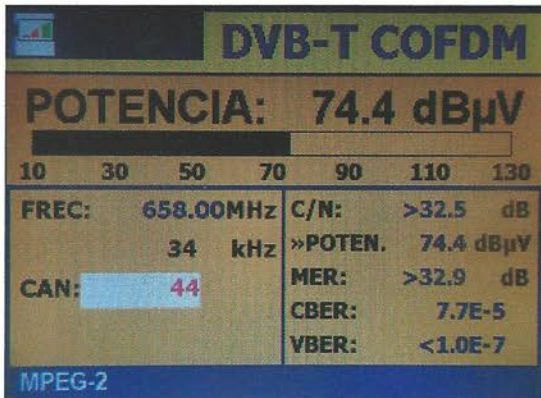


Figura 3.65. Medida de la potencia de la señal.

Para realizar de manera correcta una medida es necesario seleccionar las bandas de medida: RF o FI y las características de la señal de entrada. Para el caso de la medida de un canal digital terrestre, es necesario especificar los parámetros siguientes relacionados con las características de la modulación (Figura 3.66):

- Número de portadoras de la modulación COFDM.
- Ancho de banda del canal.
- Intervalo entre símbolos o tiempo de guarda entre símbolos.
- Tasa de Viterbi (FEC).
- Modulación utilizada por las portadoras: QPSK, 16-QAM y 64-QAM.

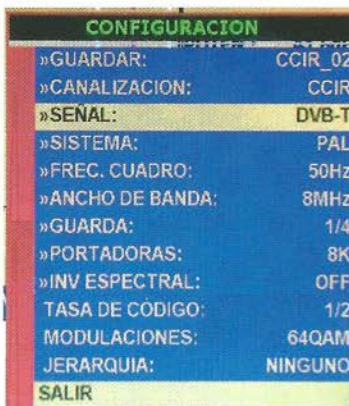


Figura 3.66. Configuración manual.

Algunos medidores de campo disponen de una función de **autoidentificación** de la señal (Figura 3.67), de manera que el propio equipo realiza una serie de pruebas para identificar el tipo de señal de la emisión (analógico o digital) y los parámetros característicos de la modulación: tipo de modulación (QAM/QPSK/COFDM), velocidad de símbolo, etc.

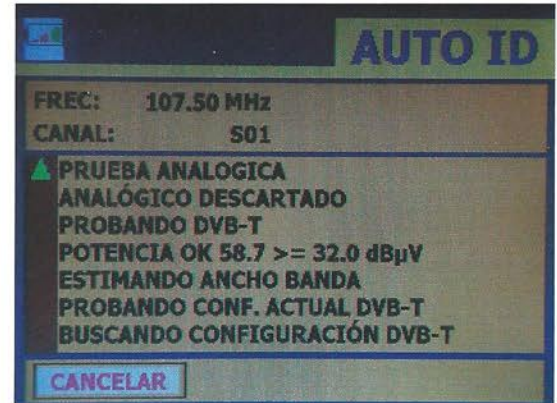


Figura 3.67. Prueba de autoidentificación de canales.

Para utilizar el modo de autoidentificación, la señal recibida debe ser lo suficientemente elevada, por lo que en ocasiones es necesario realizar una configuración manual del equipo.

La mayoría de equipos disponen de la capacidad de decodificar la señal de entrada, permitiendo visualizar la **imagen de la señal de TV** como si de un receptor convencional se tratara.

Recuerda:

La autoidentificación se realiza por el método de ensayo y error: cuando se detectan las características correctas de una señal, finaliza el proceso de identificación automática.

Sabías que...

Aunque actualmente son pocos los servicios que se distribuyen utilizando modulaciones analógicas, los medidores de campo que se comercializan están diseñados para cubrir la mayoría de las necesidades de medida, tanto para las transmisiones analógicas como para las transmisiones digitales de los diferentes sistemas terrestres, satélites y por cable.

Ejemplo 3.15. Decodificación de la señal de TV

La incorporación de un decodificador digital en el medidor de campo permite visualizar la señal de TV y, además, proporcionar información diversa sobre la señal MPEG-2, tal y como se muestra en la Figura 3.68.

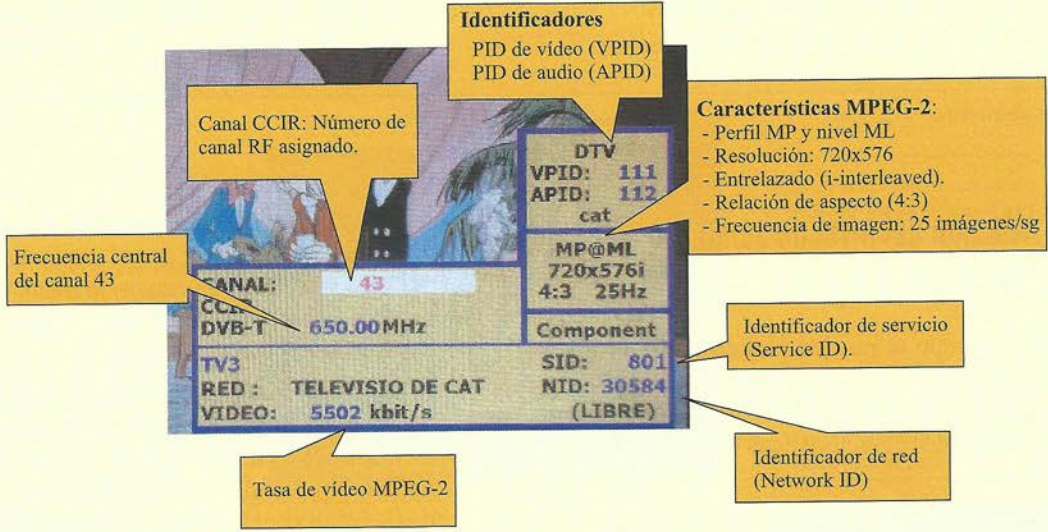


Figura 3.68. Decodificación de la señal de TV.

3.6.3. Modo de analizador de espectros

Si el medidor de campo incorpora la función de **analizador de espectros**, se puede realizar un análisis frecuencial de la señal presente a la entrada (Figura 3.69). Este modo de funcionamiento es útil para comprobar la presencia de interferencias o señales indeseadas.

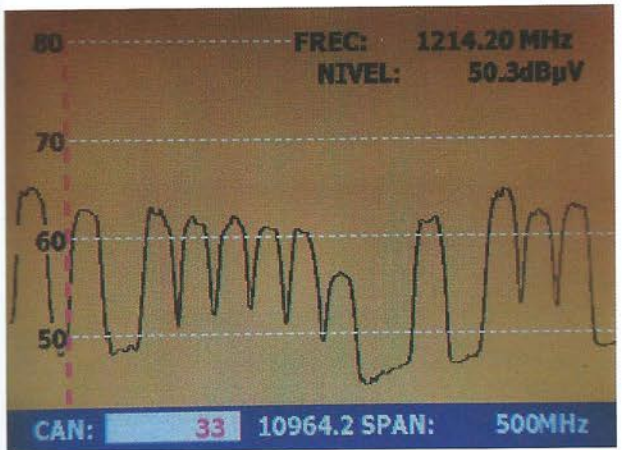


Figura 3.69. Análisis del espectro.

El analizador de espectros funciona como un receptor superheterodino que barre toda la banda de frecuencias según una señal en rampa y presenta en pantalla el nivel de potencia medido en cada frecuencia, es decir, el sistema se puede considerar como un filtro de banda estrecha que se va desplazando y va detectando el nivel. Los parámetros que deben configurarse son:

- **SPAN:** el margen de frecuencias de barrido (margen de frecuencias representado en la pantalla) se denomina factor de expansión (SPAN) y se selecciona por el usuario.
- **Banda de radiofrecuencia:** RF y FI.
- **Ancho de banda de medida o de resolución ($B_{W\text{ MEDIDA}}$):** ancho de banda del filtro que se utiliza en la medida. El medidor solo mide la señal que pasa por este filtro a la **frecuencia sintonizada**.
- **Nivel de referencia.** Nivel máximo de señal que se representa en la pantalla.

La representación de la señal en la pantalla dependerá de la configuración establecida. En la Figura 3.70 se muestra cómo afecta la modificación del factor de expansión y del nivel de referencia en el espectro de la señal medida.

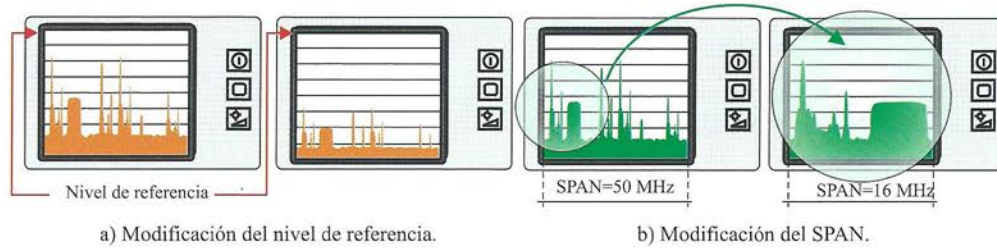


Figura 3.70. Ajustes de medida.

3.6.4. Medida del nivel de señal de un canal digital

Con el medidor de campo se pueden realizar todas las medidas que establece la normativa para comprobar el nivel de calidad de la señal. La Figura 3.71 muestra los resultados de la medida de diferentes características de la señal.



Figura 3.71. Medidas de diferentes parámetros de calidad.

Medida del nivel de señal

El nivel de señal de las modulaciones digitales se refiere al valor de la potencia en todo el ancho de banda del canal, pero el ancho de banda de medida del medidor de campo (resolución) es más pequeño que el ancho de banda de la señal, generalmente de 230 KHz a 1 MHz. Para realizar la medida el equipo puede utilizar dos métodos:

- **Automático.** Este método de medida se utiliza en el modo de TV (Figura 3.72.a). Como la señal en un canal digital está repartida por todo su ancho de banda, el equipo asume que la potencia del canal es uni-

forme. Como el ancho de banda del filtro utilizado en la medida es menor que el ancho de banda del canal, los medidores de campo realizan una corrección de manera automática cuando realizan la medida a la frecuencia central de la señal.

- **Integración en el modo espectro.** Este método realiza la medida por integración de toda la distribución espectral de la señal (Figura 3.72.b), es decir, va sumando el nivel de señal del filtro de medida, mientras se realiza el barrido de frecuencia. En este caso, la medida es más precisa, ya que no se asume que el espectro es uniforme. Este método de medida se utiliza en el modo de analizador de espectros.

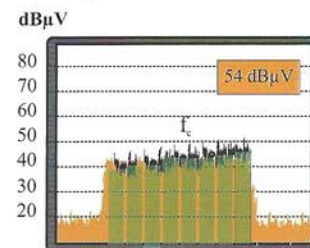
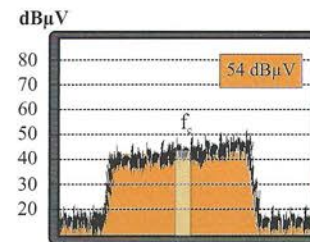


Figura 3.72. Medida del nivel de señal.

Recuerda:

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

Ejemplo 3.16. Medida del nivel de señal de un canal digital terrestre

En la Figura 3.73 se representa la medida del nivel de señal de un canal digital en el modo de analizador de espectros: la medida presentada en pantalla y la lectura visualizada en el espectro no coinciden, ya que el medidor representa en pantalla la medida realizada a la salida del filtro de resolución.

La medida indicada por el medidor de 74,5 dB μ V se realiza después de la integración de la señal. En el ejemplo, la lectura sobre la frecuencia central es de 62 dB μ V, que no es el valor real de señal.

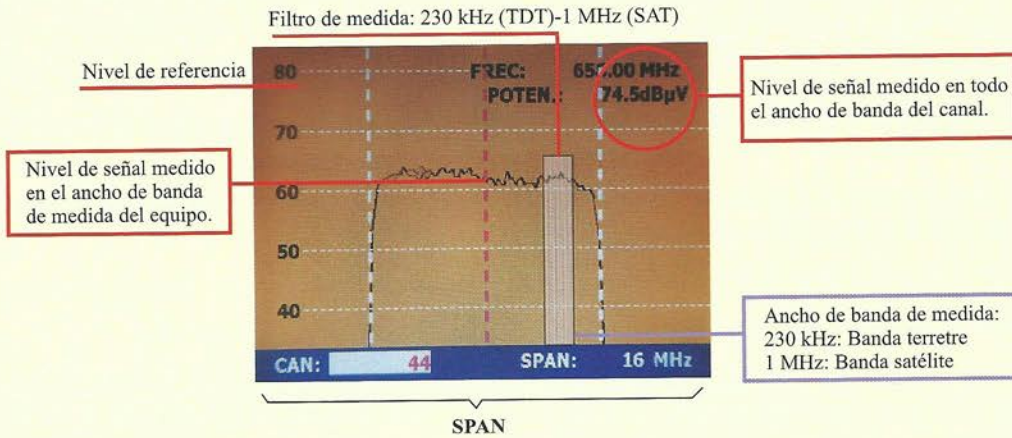


Figura 3.73. Medida del nivel de señal.

Medida de la relación C/N

La **relación portadora/ruido (C/N)** se evalúa sintonizando el canal de interés (Figura 3.74). El equipo mide los niveles de señal en la frecuencia de sintonía y en otra frecuencia en la cual no hay presente ninguna señal.

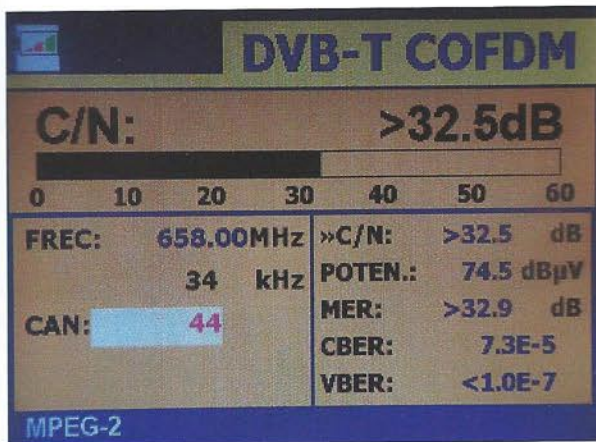


Figura 3.74. Medida automática de la C/N.

En la segunda frecuencia se mide el **nivel de ruido**.

BER

La **tasa de errores (BER)** es el parámetro más significativo para determinar la calidad de la señal digital recibida, independientemente del sistema de transmisión utilizado (satélite, terrestre o cable). En la Figura 3.75 se mide el BER, pero se observa que el medidor de campo también informa de otros parámetros relacionados con la señal digital: VBER y el MER.

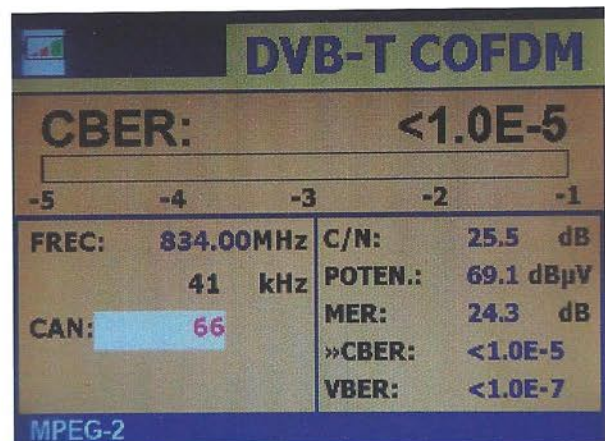


Figura 3.75. Medida de la tasa de bits erróneos.

Resumen

Una instalación para la recepción y distribución de la señal de televisión se divide en tres grandes partes: sistema captador de señal, sistema de tratamiento de la señal (equipo de cabeza) y red.

El **sistema captador de señales** está situado en el exterior de la vivienda y está formado fundamentalmente por la antena y, si fuera necesario, otros elementos que garanticen la calidad de la imagen de televisión recibida en la toma de usuario. Además, se utilizan elementos mecánicos necesarios para asegurar las antenas de forma fija y estable.

La mayoría de antenas se basan en **dipolos**: dipolo simple o dipolo doblado. Las principales **características de una antena** son la ganancia, la directividad, el ancho de haz, la relación delante/atrás y la respuesta en frecuencia.

Los **preamplificadores** se encargan de realizar una amplificación previa a la amplificación realizada por el equipo de cabeza.

Los elementos principales que forman parte del **equipo de cabeza** son los amplificadores, mezcladores, filtros, atenuadores, conversores y transmoduladores.

Existen dos tipos básicos de amplificadores: los **amplificadores de cabeza** y los **amplificadores de línea**. Los amplificadores de cabeza pueden ser de banda ancha o monocanal.

Los parámetros típicos que definen a los amplificadores son su ganancia, su figura de ruido y su tensión máxima de salida.

Los **mezcladores** son dispositivos que reciben distintas señales y las distribuyen por un solo cable.

Los **filtros** utilizados en televisión son de dos tipos: los filtros paso-canal, que son filtros paso banda que solo dejan pasar un canal, y los filtros trampa o filtros supresores de canal, que son filtros banda eliminada que eliminan un único canal, dejando pasar todos los demás.

Los **atenuadores** se utilizan para disminuir el nivel de señal cuando es necesario equilibrar señales o evitar saturaciones en los amplificadores.

Los **procesadores de canal** o conversores son dispositivos que convierten un canal de entrada en otro de salida de frecuencia diferente.

Los **moduladores** generan un canal de RF a partir de señales de audio y vídeo en banda base.

Un **transmodulador** permite distribuir los canales de televisión en las instalaciones utilizando una modulación diferente a la original.

La **red de distribución** es la encargada de que la señal de televisión recibida por la antena y procesada por el equipo de cabeza llegue al usuario final. Los principales elementos que forman la red de distribución son: distribuidores, repartidores, derivadores, tomas de usuario y PAU.

La **tipología de las redes** de distribución de la señal de TV depende del tipo de instalación: individual o colectiva.

Las **instalaciones colectivas** utilizan sistemas de distribución mediante derivadores, sistemas de distribución mediante repartidores o sistemas de distribución mixtos. La instalación interior de usuario puede ser en estrella o mediante distribución de cajas de paso.

En la **ICT** se utiliza un sistema de distribución mediante derivadores, donde se distribuyen dos ramales de manera simultánea que finaliza en el PAU de la instalación interior de usuario, distribuida en estrella.

El **medidor de campo** es un equipo de medida diseñado para la instalación y mantenimiento de los sistemas de recepción y distribución de señal de televisión, cuya principal función es la de medir el nivel de señal de TV en cualquier punto de una instalación, desde la entrada de antena hasta la toma de usuario.

Actividades de comprobación

- 3.1.** ¿Qué nivel de ruido se considera típicamente a la salida de la antena en el caso de un canal de TV digital?
- 1 dB μ V.
 - 2 dB μ V.
 - 3 dB μ V.
 - 4 dB μ V.
- 3.2.** ¿Qué elemento de una antena Yagui se encarga de captar la energía radiada en el espacio?
- Reflector.
 - Dipolo.
 - Director.
 - Mástil.
- 3.3.** ¿En qué parte de la instalación se instalan generalmente los preamplificadores?
- Sistema captador.
 - Equipo de cabeza.
 - Red de distribución.
 - Ninguna de las anteriores.
- 3.4.** ¿Qué margen de frecuencias capta una antena de UHF?
- 87-108 MHz.
 - 175-230 MHz.
 - 470-862 MHz.
 - 950-2.150 MHz.
- 3.5.** ¿Cómo se denomina el dispositivo que convierte un transpondedor de TV digital satélite en un canal de TV digital terrestre (COFDM)?
- Convertidor.
 - Transmodulador.
 - Amplificador.
 - Modulador.
- 3.6.** ¿Qué elemento permite convertir un canal TDT en otro de las mismas características pero modulado a una frecuencia diferente?
- Conversor.
 - Transmodulador.
 - Modulador digital.
 - Amplificador.
- 3.7.** ¿Qué atenuación tiene un cable de longitud 40 m si el fabricante especifica una atenuación de 12 dB/100?
- 2,4 dB.
 - 4,8 dB.
 - 0,24 dB.
 - 48 dB.
- 3.8.** ¿Qué elemento se utiliza para realizar ramificaciones de la señal en cada una de las plantas de una instalación de TV colectiva?
- Repartidor.
 - Distribuidor.
 - Derivador.
 - Toma final.
- 3.9.** ¿Qué elemento utilizarías para realizar la instalación de un sistema de vídeo comunitario?
- Convertidor.
 - Transmodulador.
 - Amplificador.
 - Modulador.
- 3.10.** ¿Qué elemento utilizarías para realizar la instalación de un sistema de videoportería que permita la visualización de la señal en un receptor de TV convencional?
- Convertidor.
 - Transmodulador.
 - Amplificador.
 - Modulador.
- 3.11.** ¿En qué parte de una instalación se instala un amplificador de línea?
- En el sistema captador.
 - En el equipo de cabeza.
 - En la red de distribución.
 - Ninguna de las anteriores.

- 3.12.** ¿Cuál de los componentes siguientes solo se utilizan en las instalaciones de ICT?
- PAU.
 - Repartidor.
 - Toma de usuario.
 - Derivador.
- 3.13.** ¿Qué elemento de una instalación de TV se utiliza para seleccionar la señal de uno de los dos cables de bajada que forman la red de distribución y dispersión de la ICT?
- BAT.
 - PAU.
 - Repartidor.
 - Derivador.
- 3.14.** ¿Qué dispositivo se utiliza en la red para distribuir la señal hasta la instalación interior de usuario en las instalaciones colectivas?
- Mezclador.
 - PAU.
 - Repartidor.
 - Derivador.
- 3.15.** ¿Cuántos derivadores se instalan en cada planta de la red de distribución de la señal de TV de una ICT?
- 1.
 - 2.
 - 4.
 - Ninguno.

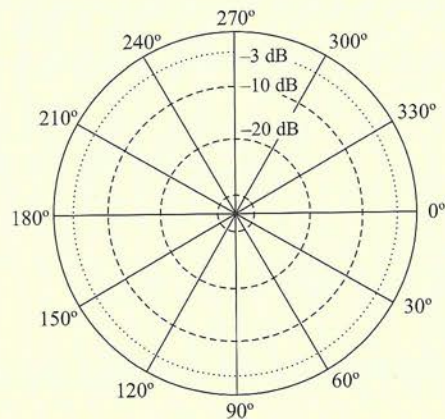
Actividades de aplicación

- 3.1. Medidor de campo.** A partir del manual de usuario del medidor de campo utilizado en el aula-taller, identifica sus principales características técnicas, prestaciones y modos de funcionamiento. Comprueba el proceso de configuración del medidor para realizar las medidas y realiza una guía de los pasos necesarios para medir los parámetros de calidad de un canal de TV digital.
- 3.2. El espectro de radiofrecuencia.** Consulta en el manual de usuario del medidor de campo los controles que afectan al analizador de espectros y sigue el proceso siguiente:
- Conecta una antena de UHF, correctamente orientada hacia el repetidor de TV, al medidor de campo.
 - Dispón el medidor de campo en modo espectro, de forma que se puedan visualizar en pantalla diferentes canales de TV en el espectro de UHF.
 - Modifica el SPAN y observa la banda completa de UHF. ¿Cuántos canales digitales aparecen en pantalla?
 - Localiza los canales digitales identificando su frecuencia central. Observa su espectro continuo y que el ancho de banda de la señal coincide prácticamente con el ancho de banda asignado al canal de 8 MHz.
 - Comprueba si existen canales adyacentes que estén contiguos en el espectro.
 - Identifica en el espectro la señal de las emisiones de radio FM y radio DAB.
- 3.3. Apuntamiento de antenas de UHF.** Conecta la salida de una antena de UHF al medidor de campo. Para el apuntamiento óptimo de la antena sigue el siguiente proceso:
- Con el medidor de campo en modo analizador de espectros, mueve la antena hasta que aparezca en la pantalla el espectro de las emisoras. Ajusta el movimiento hasta que se obtenga un nivel máximo.
 - Sin mover la antena, y con el medidor de campo en el modo de medida, sintoniza uno de los canales y reajusta la antena hasta que la barra de nivel del medidor proporcione su valor máximo.
 - Con el medidor en modo TV comprueba la recepción correcta de las emisoras.
- 3.4. Análisis del diagrama de radiación de una antena de UHF.** Conecta la salida de una antena de UHF al medidor de campo y sigue el siguiente proceso:
- Sintoniza una emisión de TV que se reciba con potencia suficiente.

- b) Varía la orientación de la antena hasta que en el medidor de campo se obtenga una lectura máxima. Esta división será tomada como referencia (0°).
- c) A partir de la referencia anterior, gira la antena en intervalos de 30° hasta dar una vuelta completa, anotando para cada punto el nivel de señal recibido. Completa la tabla de medidas de la Figura 3.76.a.
- d) Representa los resultados obtenidos en un diagrama de coordenadas polares (Figura 3.76.b).

Orientación (θ)	S_i (dB μ V)	$S_i(\theta) - S_i(0^\circ)$
0°		
30°		
60°		
90°		
120°		
150°		
180°		
210°		
240°		
270°		
300°		
330°		

a) Tabla de medidas.



b) Diagrama de radiación.

Figura 3.76. Diagrama de coordenadas polares.

- 3.5. **Análisis de catálogos comerciales.** A partir de los catálogos técnico-comerciales disponibles en el aula-taller, identifica los diferentes tipos y las principales características de los elementos que forman parte de un sistema de distribución de la señal de TV. Divide la búsqueda en tres partes:
- **Sistema captador:** antenas, elementos mecánicos, preamplificadores,...
 - **Equipo de cabeza:** amplificadores, mezcladores, filtros, atenuadores, ecualizadores...
 - **Red de distribución:** repartidores, derivadores, tomas de usuario, cable coaxial...
- 3.6. **Construcción de un dipolo experimental.** La construcción de un dipolo experimental es muy sencilla. Mediante dos varillas metálicas de longitud $\lambda/4$ (dipolo de $\lambda/2$) y el soporte adecuado se consigue una antena omnidireccional de ganancia 0 dB (Figura 3.77). Realiza el diseño de la longitud de las varillas y una vez construido comprueba el nivel de señal recibido con ayuda de un medidor de campo.

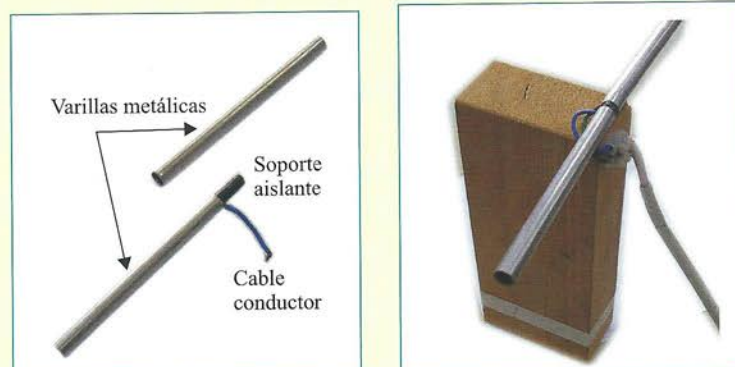


Figura 3.77. Dipolo práctico.

Actividades de ampliación

- 3.1. Enumera las partes que constituyen una instalación de recepción y distribución de la señal de televisión.
- 3.2. Indica las principales características que definen a una antena.
- 3.3. Identifica cada tipo de antena que se muestra en la Figura 3.78 e indica a qué servicio se suele utilizar.

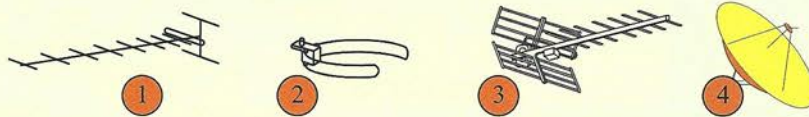


Figura 3.78. Tipos de antena.

- 3.4. Una antena tiene el diagrama de radiación y la respuesta en frecuencia de la Figura 3.79.

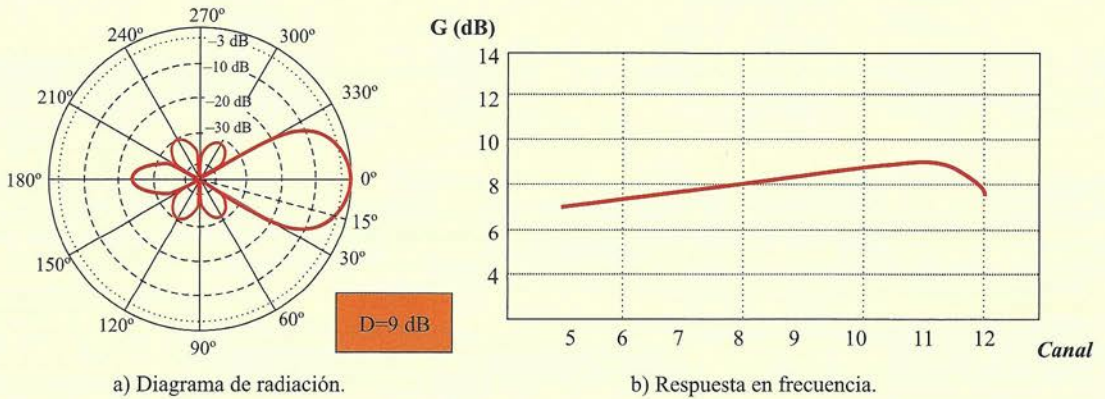


Figura 3.79. Diagrama de radiación y respuesta en frecuencia de una antena.

- a) A partir del diagrama de radiación representado en la Figura 3.79.a, indica la pérdida de ganancia de la antena (atenuación) según la dirección de la señal recibida. Si la directividad de la antena es de 9 dB, calcula la ganancia que tiene la antena para cada una de las direcciones de recepción. Completa la Tabla 3.3.
- b) Deduce el ancho de haz y la relación delante-detrás.
- c) A partir de la respuesta en frecuencia (Figura 3.79.b), deduce las principales características de la antena:
 - Margen de frecuencias que capta.
 - Servicio de radiodifusión para la que ha estado diseñada.
 - Ganancia máxima de la antena y su frecuencia.

Tabla 3.3. Ganancia de la antena.

Dirección	0°	30°	60°	90°	180°
Pérdida de ganancia					
Directividad	9 dB				
Ganancia					

- 3.5. Una antena típica para radio DAB cubre la banda III. Generalmente, estas antenas son de tipo Yagui y, por tanto, están basadas en dipolos. Calcula las dimensiones que debe tener el dipolo de una antena de estas características.
- 3.6. Para las antenas de la Figura 3.80, calcula la ganancia máxima de la antena, indicando a qué frecuencia se produce. Indica también el ancho de banda de la antena a -3 dB. Justifica qué banda y qué servicio de radiodifusión es capaz de recibir cada antena.

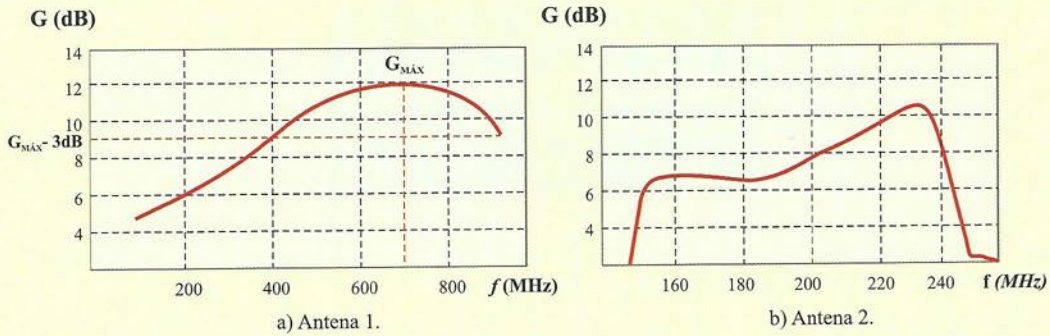


Figura 3.80. Diagrama de radiación.

- 3.7. Clasifica los diferentes tipos de instalaciones de distribución de la señal de TV.
- 3.8. En dos instalaciones existentes (Figura 3.81) se reciben los canales de TV 30, 36, 41, 45 y 49. ¿Qué modificaciones deben realizarse en cada una de las instalaciones para recibir la programación de una nueva emisión situada en el canal 53?

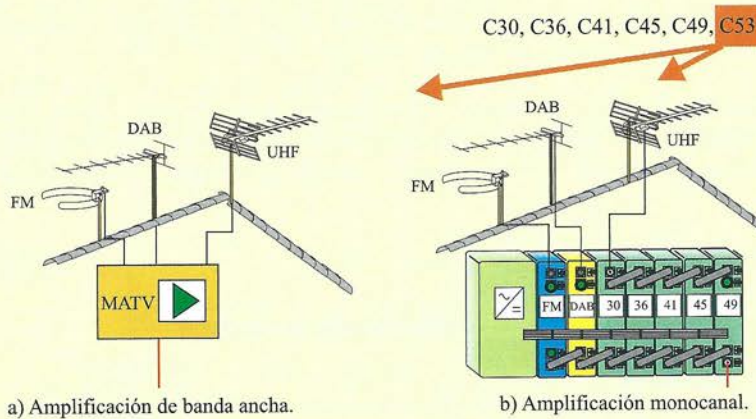


Figura 3.81. Recepción de un canal nuevo.

- 3.9. ¿Para qué se utilizan los preamplificadores? ¿Qué parámetro los diferencia de los amplificadores?
- 3.10. Tipos de amplificadores y las principales diferencias entre ellos.
- 3.11. ¿Qué misión tiene el amplificador de línea de una instalación? ¿Cuándo es necesario utilizarlo?
- 3.12. Resume las características básicas de los siguientes elementos que pertenecen al equipo de cabeza de una instalación: atenuadores, ecualizadores, conversores, fuentes de alimentación, etc.

- 3.13. Calcula la corriente mínima necesaria que debe suministrar la fuente de alimentación del sistema de amplificación monocanal de la Figura 3.82.

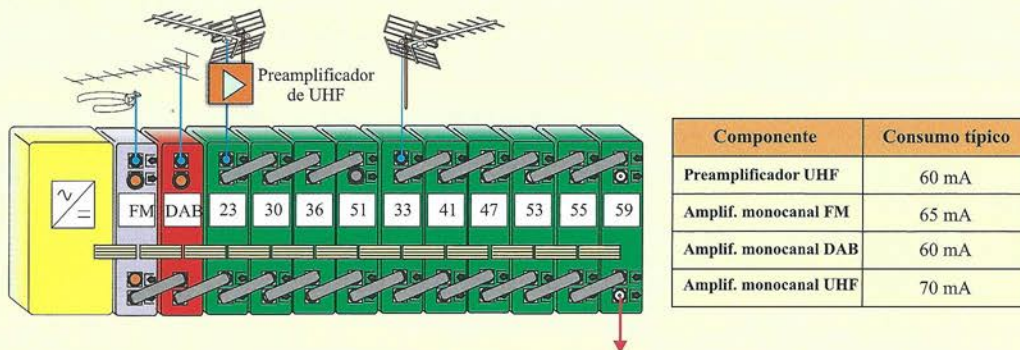


Figura 3.82. Fuente de alimentación de una instalación monocanal.

- 3.14. La mayoría de los dispositivos del equipo de cabeza se deben configurar para aprovechar las características para las que han sido diseñados. En ocasiones, esta configuración se realiza de fábrica, caso del canal de amplificación en los amplificadores, pero en otras se debe realizar por el propio técnico en el lugar de la instalación. Justifica cuáles son los parámetros que se deben configurar en los siguientes dispositivos:
- Convertor de canal.
 - Modulador.
 - Transmodulador QPSK/COFDM.
- 3.15. Resume las características básicas de los siguientes elementos que pertenecen a la red de distribución de una instalación: repartidores, derivadores, tomas de usuario, PAU, etc.
- 3.16. La antena de la Figura 3.83 está conectada a un amplificador a través de un cable coaxial de 15 m que según el fabricante tiene una atenuación de 0,16 dB/m. ¿Cuál será el nivel de salida del amplificador para la banda V de UHF si la antena recibe una señal de 54 dB μ V?

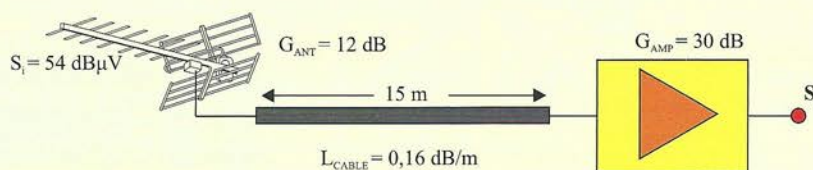


Figura 3.83. Sistema de captación y amplificación de la señal de TV.

- 3.17. ¿Qué componentes de los estudiados son de uso exclusivo en las instalaciones de ICT?
- 3.18. Indica qué tipo de conector utilizarías para la conexión del cable coaxial con los siguientes elementos:
- Caja de conexiones de la antena.
 - Amplificador.
 - Elementos de distribución: repartidores, derivadores, etc.
 - Toma de usuario.
 - Receptor de TV.
- 3.19. ¿En qué tipo de instalaciones es habitual encontrar tomas de paso?

3.20. Para la red de Figura 3.84, calcula las pérdidas de la red e indica cuál es la toma más y menos favorable.

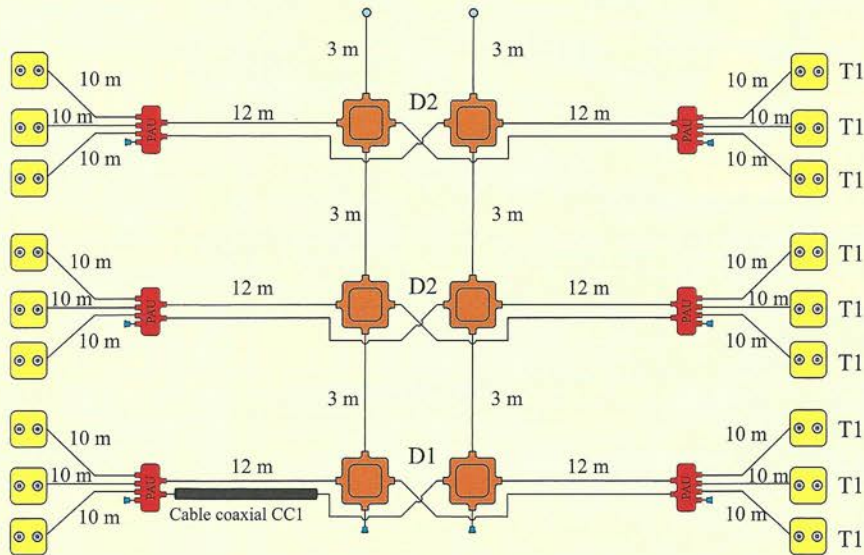


Figura 3.84. Red de distribución de la señal de TV.

Los materiales utilizados en la instalación son los descritos en el apartado correspondiente de este capítulo, con la referencia indicada.

3.21. Justifica si la instalación de la Figura 3.85.a es compatible con la ICT.

- Calcula la atenuación de la red para la banda de UHF.
- Identifica cuál es la toma más favorable y la toma más desfavorable de la red.
- A partir del nivel de salida del amplificador, calcula el nivel de señal que existe en cada toma.
- Repite los apartados anteriores para la instalación de la Figura 3.85.b.

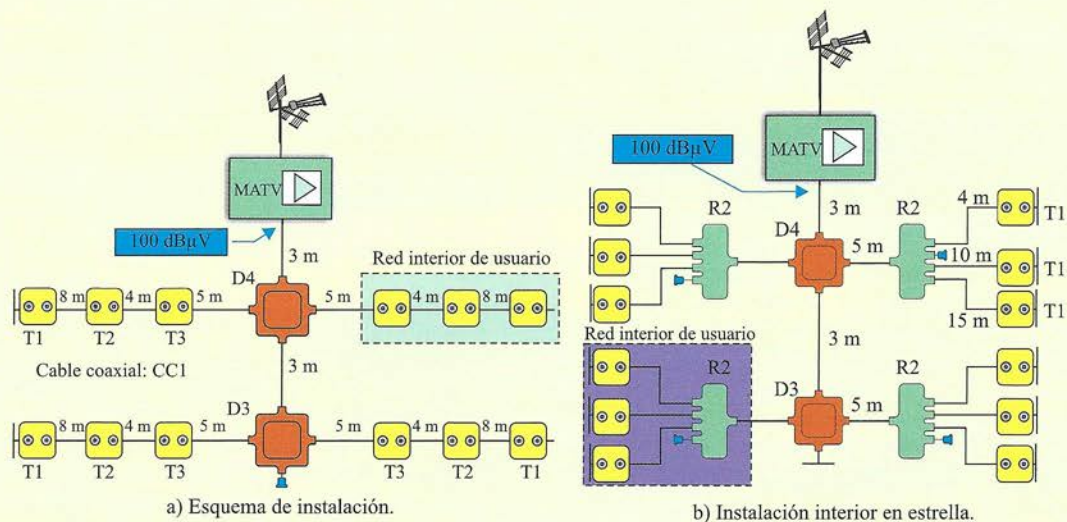


Figura 3.85. Red de distribución de la señal de TV.

3.22. Indica diferentes aplicaciones del medidor de campo en las operaciones de instalación y mantenimiento de los sistemas de recepción y distribución de la señal de TV.



Enlaces web

Televes. 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/
