4.21. ¿Cuántos derivadores se instalan en cada una de las plantas de una instalación de ICT? ¿Cuántas salidas de derivación deben tener los derivadores utilizados?

4.22. Según la ICT, en la instalación interior de usuario de una vivienda:

a) ¿Cuántos PAU se deben instalar?

b) ¿Cuántas tomas de usuario se deben instalar?

4.23. Respecto de una instalación de TV de una ICT:

a) Dibuja un esquema tipo de una instalación que dé servicio a dos plantas con dos viviendas por planta.

b) ¿Qué servicios se deben distribuir de manera obligatoria en la instalación?

c) ¿Qué señales se distribuyen por cada uno de los ramales de la instalación?

d) ¿Qué función realizan los elementos combinadores que se instalan en el equipo de cabeza? Propón dos configuraciones diferentes que realicen esta función.

e) ¿En qué tramos se divide la red de una instalación ICT?

f) ¿Qué elemento permite seleccionar en la toma de usuario la señal que proviene de cada uno de los satélites?

g) ¿Qué tipo de tomas se utilizan en este tipo de instalación?

4.24. Define los siguientes parámetros utilizados en la medida de la calidad de la señal distribuida por una instalación y justifica el criterio de diseño que se debe utilizar para garantizar el nivel adecuado:

a) Nivel de señal.

b) Relación portadora-ruido.

c) Relación de intermodulación.

d) Parámetros globales de la instalación (BER, MER...).

Enlaces web

Televés. Empresa de fabricación de componentes para las redes de distribución que comercializa el programa de cálculo de instalaciones *Cast 6.0.* Se puede descargar una versión de demostración.
http://www.televes.es/

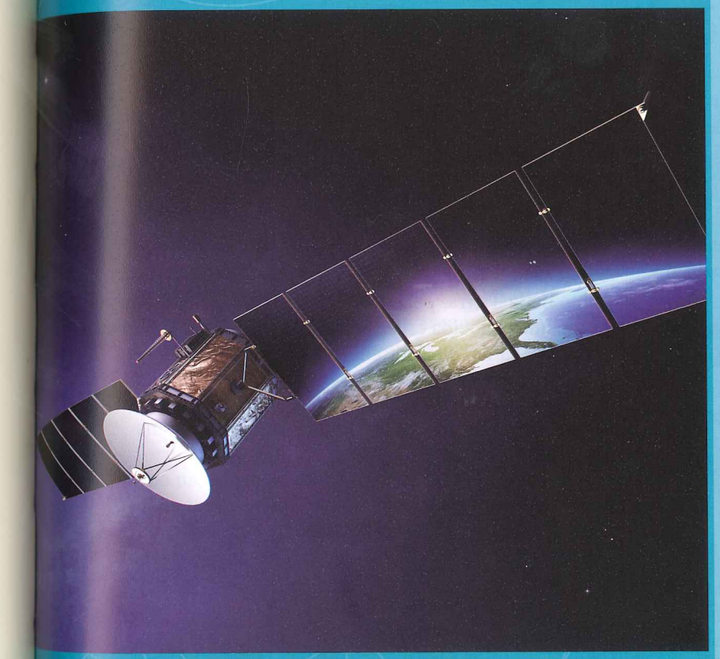
CYPE Ingenieros. Software para el diseño de todo tipo de instalaciones del edificio. Permite la descarga de la versión completa del programa con limitaciones según el método de instalación. Completo programa para el diseño de toda la infraestructura de la ICT.
http://www.cype.es/

Fagor. Fabricante de equipos para la recepción y distribución de la señal de TV y la ICT en general.
http://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. Dispone de una versión demo del programa *CICAT TV* para el diseño ICT.
http://www.ftemaximal.com/

© Ediciones Paraninfo

5 Recepción y distribución de la televisión satélite



Los sistemas de distribución de canales de TV terrestre se conocen con el nombre de sistemas MATV (*Master Antenna Television*). En el caso de que la instalación incluya canales de televisión satélite recibe el nombre de SMATV (*Satellite Master Antenna Television*).

Las instalaciones de ICT están preparadas para distribuir la señal de TV satélite hasta las tomas de los usuarios, aunque la instalación de las antenas y del equipo de cabeza satélite no es obligatoria.

Contenidos

- 5.1. Conceptos generales
- 5.2. Características de las comunicaciones satélite
- 5.3. Características de los canales satélite
- 5.4. Sistema de recepción de la señal de TV satélite
- 5.5. Instalación de la antena
- 5.6. Sistemas de distribución de la señal satélite
- 5.7. Diseño de una instalación de TV satélite ICT
- 5.8. Medida de la calidad de la señal

Objetivos

- Relacionar las características funcionales de los diferentes tipos de instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV satélite con el edificio o espacio donde se instalan.
- Interpretar la documentación técnica de las instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV satélite.
- Configurar instalaciones de recepción y distribución de señal de TV satélite, a partir de las especificaciones técnicas.
- Relacionar las partes y componentes de las instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV satélite con las funciones que realizan.
- Elaborar la documentación técnica para las instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV satélite.

5.1. Conceptos generales

Las comunicaciones de satélite, como se muestra en la Figura 5.1, se utilizan principalmente como:

- **Enlaces de radiodifusión:** difusión directa de TV, audio y datos.
- **Enlaces de distribución:** retransmisión por cable, fibra óptica, etc.
- **Enlaces de contribución:** transmisión desde el lugar de evento, etc.

Para poder establecer un enlace de radiodifusión satélite, es necesario instalar una antena que esté perfectamente orientada al satélite emisor y los equipos necesarios para adaptar esta señal a la red de distribución de la señal.

Sabías que...

La instalación de la ICT está preparada para distribuir la señal procedente de dos satélites, ya que incorpora los elementos de mezcla necesarios para distribuir la señal de salida del equipo de cabeza satélite junto con la señal de TV terrestre.

5.1.1. Instalación satélite en una ICT

En las instalaciones de ICT en un edificio, la red de distribución de la señal de TV está preparada para distribuir la señal satélite hasta el usuario, pero no es obligatoria la instalación de las antenas y de los equipos de amplificación.

5.1.2. Satélites de comunicaciones

Un satélite de comunicaciones es un sistema receptor/transmisor de señales radioeléctricas, situado en una órbita alrededor del planeta. La **órbita geoestacionaria** donde están colocados todos los satélites geosíncronos de comunicaciones, describe un círculo alrededor de la Tierra a nivel del ecuador, girando en el mismo sentido y a la misma velocidad angular que la Tierra en su movimiento de rotación (Figura 5.2). Para un observador situado en la superficie terrestre, un satélite geoestacionario se mantiene siempre sobre la misma vertical del observador.

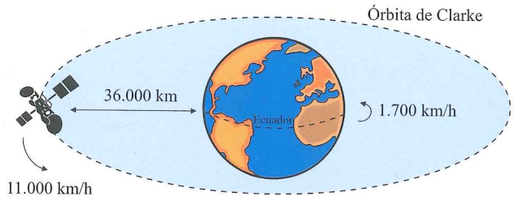


Figura 5.2. *Órbita geoestacionaria.*

Como el satélite es estacionario respecto a cualquier punto de la Tierra, podemos definir su posición orbital, de forma que conocida esta es fácil la orientación de la antena receptora para recibir la señal satélite que emite.

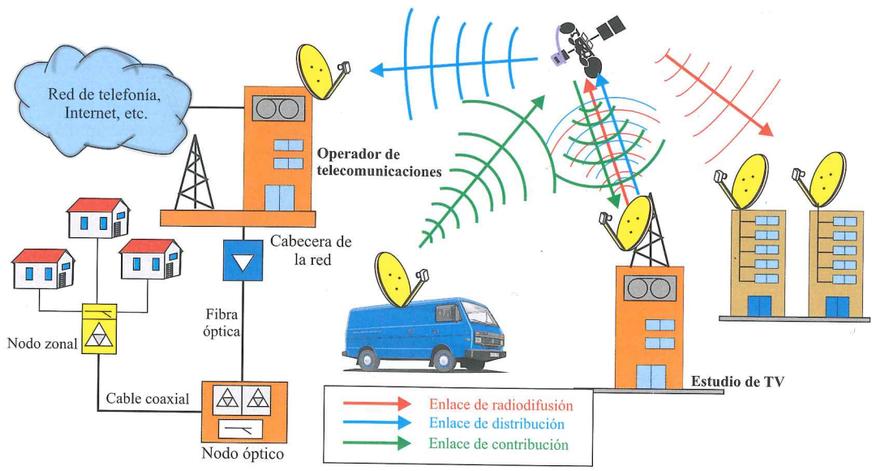


Figura 5.1. *Enlaces satélite.*

© Ediciones Paraninfo

Sabías que...

La órbita geoestacionaria que describen los satélites de comunicaciones también recibe el nombre de órbita de Clarke.

Sabías que...

Para poder mantener su posición un satélite debe estar a una altura sobre el ecuador de unos 36.000 km. A esta distancia la fuerza de atracción gravitatoria y la fuerza centrífuga del satélite en su movimiento de traslación alrededor de la Tierra se igualan.

5.1.3. Enlaces de radiodifusión satélite

En los enlaces de radiodifusión el satélite, tal y como se observa en la Figura 5.3, actúa como repetidor de la señal recibida del centro emisor, y está formado básicamente por dos elementos:

- **Módulo de servicio.** El módulo de servicio proporciona la alimentación que mantiene al satélite en funcionamiento y en su posición orbital.
- **Módulo de comunicaciones.** El módulo de comunicaciones está formado básicamente por los transpondedores. Los **transpondedores** son los elementos de comunicaciones que se encargan de convertir la señal de un canal recibido de la banda de frecuencias de 14 GHz (enlace ascendente) a la banda de 12 GHz (enlace descendente) para enviarlos, previa amplificación, de vuelta a la tierra. Cada satélite está formado por varios transpondedores, donde cada uno procesa un canal, por ello los canales de TV satélite también reciben el nombre de **transpondedores**. Cada transpondedor digital, de la misma manera que los canales múltiples digitales terrestres, pueden contener, dependiendo la calidad, diferentes programas de TV y radio (Figura 5.4).

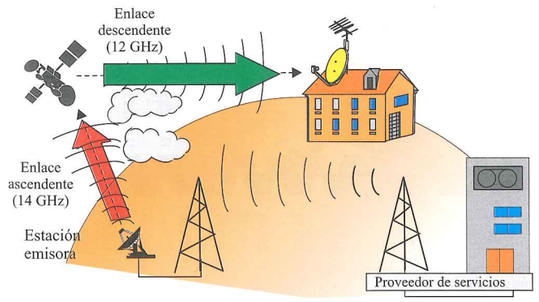


Figura 5.3. *Enlaces de radiodifusión de TV vía satélite.*

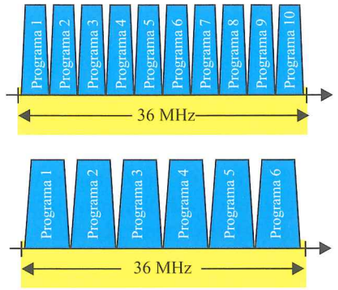


Figura 5.4. *Transpondedores satélite digitales.*

5.2. Características de las comunicaciones satélite

Las comunicaciones satélite se propagan a través del espacio libre desde los satélites de comunicaciones hasta los receptores situados en la superficie terrestre atravesando largas distancias y estando expuestos a un conjunto de interferencias que condicionan las características de emisión y recepción de este tipo de comunicaciones.

Sabías que...

Las comunicaciones satélite se desarrollan principalmente en la banda de ondas centimétricas (SHF). Esta banda está dividida en diferentes sub-bandas, donde cada una de ellas está dedicada a un servicio de comunicaciones diferente.

5.2.1. Bandas de radiodifusión

La principal sub-banda dedicada a los servicios de radiodifusión es la banda Ku.

Esta banda se divide en dos bandas para el servicio de difusión de TV: la **banda alta** y la **banda baja** satélite (Figura 5.5).

Recuerda:

Actualmente toda la banda Ku se utiliza básicamente para establecer los enlaces descendentes de los servicios de radiodifusión.

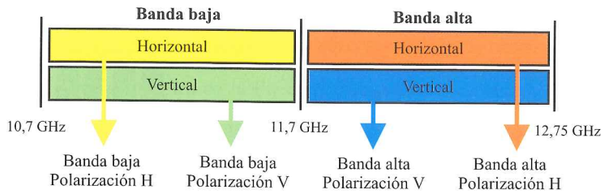


Figura 5.5. *Banda Ku.*

5.2.2. Polarización

Para aumentar el número de canales que se pueden transmitir por cada una de las bandas satélite se recurre a la **polarización**. Las ondas electromagnéticas se caracterizan por tener una componente de campo eléctrico que se transmite siempre de forma perpendicular a una componente de campo magnético. En función de la posición relativa de las componentes de campo eléctrico se pueden diferenciar diferentes polarizaciones:

- **Polarización lineal** (Figura 5.6.a): que puede ser vertical u horizontal.
- **Polarización circular** (Figura 5.6.b): que puede ser a izquierdas o a derechas.

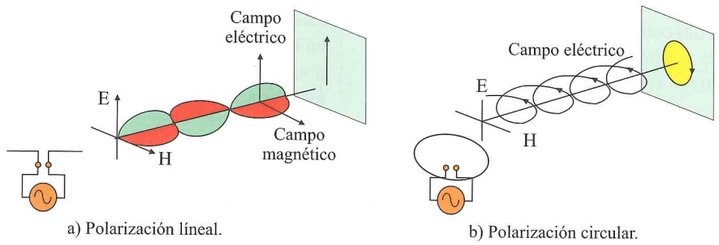
La Figura 5.7 muestra el **plano de frecuencias** del satélite ASTRA 1KR/1L/1M/2C, donde se observa cómo al utilizar dos polarizaciones diferentes aumenta la capacidad de transmisión, ya que se distribuye el doble de canales.

Sabías que...

Generalmente, los canales transpondedores emitidos por un satélite se intercalan en frecuencia según la polarización, para facilitar las tareas de recepción, es decir, nunca emiten a la misma frecuencia.

Recuerda:

Algunas de las frecuencias que se corresponden con un transpondedor están vacantes y no emiten ninguna programación.



a) Polarización líneal. b) Polarización circular.

Figura 5.6. *Polarización.*

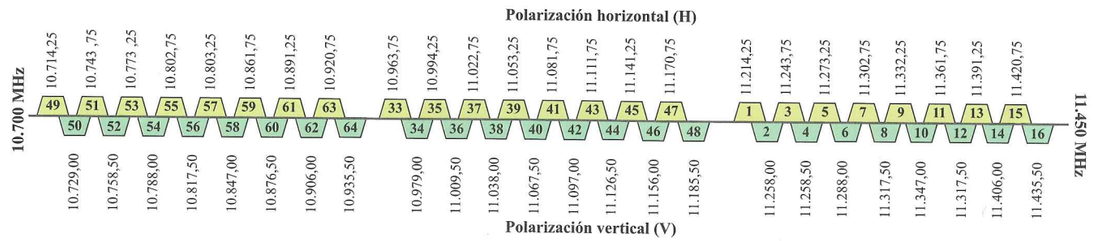


Figura 5.7. *Plano de frecuencias del satélite ASTRA 1KR/1L/1M/2C.*

© Ediciones Paraninfo

Ejemplo 5.1. Número de programas de emisión de un satélite

El satélite de la Figura 5.7 transmite 48 transpondedores en la banda baja satélite, ya que emite por debajo de 11.700 MHz. 24 de los transpondedores se transmiten con polarización vertical y los otros 24 con polarización horizontal. El transpondedor n.º 7 emite a una frecuencia de 11.302,75 MHz.

Si en recepción sintonizamos una de las polarizaciones de esta banda del satélite, considerando que cada transpondedor digital emite diferentes programas, normalmente entre 6 y 10, podemos comprobar que el número de canales recibidos es elevado:

24 transpondedores × 6 programas por transpondedor = = 144 programas.

En la práctica no todos los transpondedores estarán operativos y muchas de las emisiones estarán codificadas.

5.3. Características de los canales satélite

Las principales características que definen a un transpondedor de televisión satélite son la modulación utilizada, la frecuencia y la banda de transmisión (banda alta o banda baja) y la polaridad de la señal (vertical u horizontal). Además, hay que tener en cuenta la posición orbital del satélite, ya que hay que orientar la antena de manera adecuada.

5.3.1. Posición orbital

Como el satélite de comunicaciones es estacionario respeto a cualquier punto de la tierra, se puede definir su **posición orbital**, de manera que conocida esta, es fácil la orientación de la antena receptora para recibir la señal que emite.

La posición orbital de un satélite queda definida por las coordenadas geográficas del punto donde está posicionado, es decir, por su longitud y por su latitud. Como los satélites geoestacionarios están situados sobre el ecuador (latitud 0º), su posición orbital queda definida simplemente por su longitud geográfica (Figura 5.8).

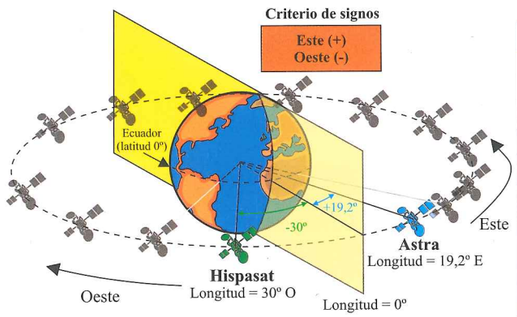
Ejemplo 5.2. Posición orbital de los principales satélites de nuestro país

ASTRA 1KR/1L/1M/2C está formado por diferentes satélites situados en la misma **ventana orbital**. Cada satélite tiene una vida operativa determinada (unos 10 años). Una vez finaliza la vida operativa de un satélite se deja fuera de servicio y, si es necesario, se sustituye por otro. Es por ello que cuando se sustituye un satélite, el nombre del conjunto del satélite varía.

El satélite ASTRA 1KR/1L/1M/2C está situado en una longitud de 19,2º Este, por tanto su posición orbital es de +19,2º.

El satélite Hispasat 1D/1E está situado en una longitud de 30,0º Oeste, por tanto su posición orbital es de –30º.

Estos dos satélites emiten la programación de diferentes programas en castellano. Muchos de los canales están codificados, pero existen canales de emisión libre.



a) Posición orbital de los satélites.

Longitud	Satélite
60,0º E	Intelsat 904
36,0º E	Eutelsat 36 A/B
23,5º E	6Astra 3B
19,2º E	Astra 1KR/1L/1M/2C
16,0º E	Eutelsat 16 A
13,0º E	Hot Bird 13 B/C/D
7,0º E	Eutelsat 7A
18,0º O	Intelsat 901
30,0º O	Hispasat 1C-1D
34,5º O	Intelsat 903

b) Principales satélites comerciales.

Figura 5.8. *Posición orbital.*

Recuerda:

El satélite ASTRA 1H/1KR/1L/1M/2C se encuentra en la posición orbital 19,2º E y el satélite Hispasat 1D/1E en 30º O.

Sabías que...

Los satélites geoestacionarios permanecen dentro de un determinado espacio denominado **ventana orbital**, del cual no pueden salirse ya que podrían producir interferencias en otros satélites e incluso colisiones con los satélites cercanos. El módulo de servicio del satélite se encarga de corregir la posición del satélite y mantenerlo siempre en su ventana orbital. Cada operador sitúa en la ventana orbital el conjunto de satélites que lo forman.

5.3.2. Transpondedores digitales

El sistema DVB-S es el estándar DVB original para las comunicaciones satélite.

La modulación utilizada para la transmisión de los canales digitales vía satélite es la **modulación QPSK**, utilizando el sistema **DVB-S**. Para la codificación de la señal de vídeo se utiliza el estándar MPEG-2. El ancho de banda típico es de 32 MHz a 36 MHz aproximadamente, aunque puede variar según el transpondedor.

DVB-S2 es la evolución del sistema DVB-S, mejora la eficiencia y permite mantener aproximadamente el mismo número de programas por transpondedor, en DVB-S que en DVB-S2 cuando se utiliza alta definición, utilizando la codificación MPEG-4. Además de QPSK permite utilizar otras modulaciones digitales (8PSK, 16PSK o 32PSK).

Un **transpondedor digital** tiene asociado un número de programas variable, típicamente de 6 a 20 programas con diferentes señales de audio asociadas a cada programa según la codificación de canal y la modulación utilizada.

Recuerda:

Los sistemas de distribución DVB aplicados a una plataforma de satélite son los siguientes:

DVB-S: modulación QPSK.

DVB-S2: modulación QPSK, 8PSK, 16PSK o 32PSK.

Ejemplo 5.3. Identificación de los parámetros de un canal satélite digital

La Tabla 5.1 muestra la información típica que identifica a un transpondedor digital. Como cada transpondedor digital transmite diferentes programas, el operador proporciona junto a la información del transpondedor, información de cada uno de los programas que transmite (Tabla 5.2).

Tabla 5.1. Especificaciones de un transpondedor digital.

Proveedor	SES
Satélite	ASTRA 1KR/1L/1M/2C
Transpondedor	40
Frecuencia	11.068 MHz
Polarización	V
Codificación de vídeo	DVB-S
SR (velocidad de símbolo)	22.000 ksímbolos/s
FEC	5/6

En el ejemplo, además de la frecuencia de emisión (11.068 MHz) y polarización (V), el operador también proporciona parámetros relacionados con la modulación utilizada: al utilizar una codificación de vídeo según el estándar DVB-S la modulación se realiza en QPSK, la velocidad de símbolo utilizado en la modulación (SR, *Symbol Rate*) y la tasa de Viterbi (FEC) utilizado en el codificador de Viterbi es de 22.000 ksímbolos/s y 5/6 respectivamente.

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

En el transpondedor 40 del ejemplo, el operador transmite 6 programas de TV y uno de radio. En este caso no se utiliza encriptación (F, *Free*), por lo que su emisión puede recibirse sin suscripción al operador. Otros parámetros proporcionados son los identificadores, que facilitan al receptor satélite extraer la información de cada programa del canal múltiple digital: el identificador de servicio SID (*Service Identification*), el identificador de los paquetes de vídeo VPID (*Video Packet Identification*) y el identificador de los paquetes de audio APID (*Audio Packet Identification*). Estos identificadores permiten relacionar la información transmitida de un programa de entre todos los que se transmiten en el canal múltiple digital.

Tabla 5.2. Programas asociados a un transpondedor digital.

Proveedor	Nombre de canal	Encriptación	SID	VPID	APID
SES	Andalucía TV	F	31300	1601	1602 Sp
	Telesur (Venezuela)	F	31304	2101	2102 Sp
	Enlace TBN	F	31305	8002	8102 Sp
	Galicia TV Europa	F	31306	1701	1702 Gal
	I24 News Français	F	31307	1081	1082 F
	S. Sat TV Europe	F	31308	1901	1902
	Canal Sur Radio	F	31301	---	2001 Sp

5.3.3. Potencia emitida por el satélite

La información sobre la potencia emitida por un satélite se proporciona en términos de **PIRE** (potencia isotrópica radiada efectiva) y se mide en dBw. El PIRE, tal y como se muestra en la Figura 5.9, es la relación entre la potencia radiada (P_T) y la ganancia de la antena del satélite (G_T):

$$\text{PIRE} = P_T \times G_T$$

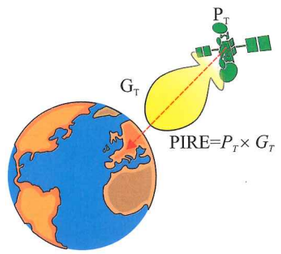


Figura 5.9. *Concepto de PIRE.*

Huella de cobertura

Las antenas utilizadas por el satélite no son isotrópicas, de manera que la ganancia y, por tanto, el PIRE dependen de la zona de cobertura.

En la práctica, el operador del satélite proporciona para cada zona de recepción la información sobre el PIRE mediante los **mapas de cobertura**. La Figura 5.10 muestra el mapa de cobertura de un satélite comercial.

Esto influye en el diámetro de la antena de recepción, ya que la potencia recibida en cada zona es diferente.

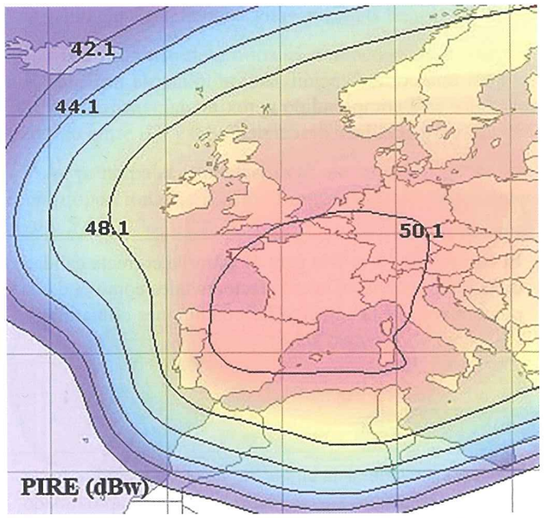


Figura 5.10. *Mapa de cobertura de un satélite.*

Sabías que...

Los proveedores de servicio también proporcionan huellas de cobertura de los satélites indicando el diámetro mínimo de las antenas necesario para poder recibir la señal con la calidad suficiente.

Ecuación de transmisión

La señal satélite sufre una gran atenuación debido a la gran distancia que debe recorrer hasta la antena receptora. La potencia recibida (P) en la antena receptora, en vatios, se puede evaluar mediante la **ecuación de transmisión**:

$$P_R = \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \times G_R \times G_T \times P_T = \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \times G_R \times PIRE$$

La expresión anterior expresada en términos de dBw resulta:

$$P_R = PIRE(\text{dBw}) + G_R(\text{dB}) + 20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right) - FC =$$

$$= PIRE(\text{dBw}) + G_R(\text{dB}) - L_{MEDIO} - FC$$

El término FC designa un factor de atenuación adicional que depende de las condiciones de la transmisión. Generalmente, se asocia a este factor una atenuación de 2 dB.

L_{MEDIO} hace referencia a la atenuación que sufre la señal al atravesar el medio de transmisión:

$$L_{MEDIO} = -20 \times \log\frac{\lambda}{4\pi d}$$

Para una comunicación satélite típica de la banda Ku, este valor está comprendido aproximadamente entre 205 y 206 dB, para el enlace descendente.

Sabías que...

El término FC se utiliza para asegurar la correcta calidad de la señal y tiene en cuenta factores tales como el desapuntamiento de la antena o las condiciones climatológicas, como por ejemplo la lluvia.

Sabías que...

Podemos considerar la atenuación desde el satélite hasta un punto de nuestro país constante y de valor aproximado 205,5 dB sin cometer un error excesivo.

Ejemplo 5.4. Cálculo de la potencia recibida por un reflector satélite

El PIRE para la ciudad de Tarragona para el satélite de la Figura 5.11, una vez consultado su mapa de cobertura (Figura 5.10), es de 50,1 dBw.

La distancia aproximada de un satélite a Tarragona es de 38.000 km. La longitud de onda (λ) de la señal que se recibe, considerando una frecuencia del enlace descendente de aproximadamente 12 GHz, es de:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{12\times10^9} = 0{,}025 \text{ m}$$

La atenuación que sufre la señal es de:

$$L_{MEDIO} = -20\log\frac{\lambda}{4\pi d} = -20\log\frac{0{,}025 \text{ m}}{4\pi \times 38\times10^6 \text{m}} = 205{,}6\ dB$$

Con una antena receptora de 40 dB de ganancia, el nivel de señal que se recibe a la salida de la antena es:

$$P_R(\text{dB}_w) = PIRE(\text{dB}_w) + G_R(\text{dB}) - L_{MEDIO}(\text{dB}) - FC(\text{dB}) =$$

$$= 50{,}1 \text{ dBw} + 40 \text{ dB} - 205{,}6 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = -117{,}5 \text{ dBw}$$

La señal recibida a la salida de la antena es de −117,5 dBw. Aplicando la relación entre unidades podemos expresar la señal recibida en dBμV:

$$P_R(\text{dB}\mu\text{V}) = -117{,}5 \text{ dBw} + 138{,}8 \text{ dB} = 21{,}3 \text{ dB}\mu\text{V}$$

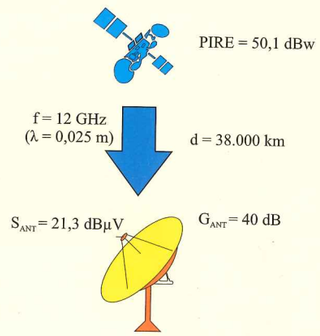


Figura 5.11. *Potencia recibida a la salida de la antena.*

Recuerda:

La relación entre dBw y dBμV es:

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

© Ediciones Paraninfo

5.4. Sistema de recepción de la señal de TV satélite

Debido a las características del sistema de comunicaciones satélite, el sistema captador y el equipo de cabeza son propios de este tipo de sistema y, por tanto, diferentes a los de una instalación de recepción de TV terrestre.

En la **estación receptora** se pueden distinguir tres partes fundamentales:

- Antena.
- Unidad externa o LNB.
- Unidad interior.

5.4.1. Antena

La señal procedente del satélite se capta a través de una antena parabólica. Esta debe tener una ganancia muy elevada para compensar la atenuación que sufre la señal debido a la larga distancia que debe recorrer hasta llegar a la antena receptora. La antena recoge la señal recibida y la entrega a la unidad externa.

a) Foco centrado. b) Offset.

Figura 5.12. *Reflectores parabólicos.*

Las antenas utilizadas están diseñadas en base a superficies parabólicas (Figura 5.12), que concentran todas las señales recibidas según la dirección paralela a su eje en un único punto, llamado **foco**. En dicho foco se coloca el alimentador de la antena o LNB, que es el elemento encargado de recibir la señal concentrada y de transmitirla a los siguientes elementos de la cadena de recepción.

Ganancia

La **ganancia de una antena parabólica** viene dada por la expresión:

$$G = 10\log\left(\frac{4\pi S\eta}{\lambda^2}\right)$$

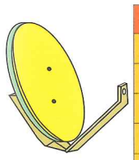
Como se observa de la relación anterior, la ganancia de la antena (G) depende fundamentalmente de la superficie del reflector (S), del rendimiento de la antena (η) y de la longitud de onda de la señal recibida (λ).

Un reflector es un elemento pasivo que tiene como misión concentrar la señal procedente del satélite. En el foco las señales se suman en fase, puesto que todos los rayos recorren la misma distancia. Esto provoca que los reflectores, que son elementos totalmente pasivos, tengan ganancia. Lógicamente, cuanto mayor sea la **superficie** del reflector, mayor será la cantidad de radiación concentrada y, por tanto, la ganancia de la antena.

De la **longitud de onda** se desprende que a los satélites de frecuencias bajas (4-6 GHz) se asocian reflectores de un diámetro más grande que a los satélites de frecuencias altas (10-12 GHz). Por tanto, un reflector determinado tendrá más ganancia a frecuencias altas que a las bajas.

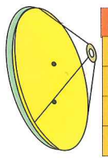
El **rendimiento** determina el porcentaje de la energía que incide en la parábola y se dirige al foco de la misma. El rendimiento típico de un reflector parabólico está comprendido entre 0,6 y 0,8, dependiendo del tipo de reflector.

Las principales características de reflectores parabólicos proporcionadas por los fabricantes se indican en la Figura 5.13.



Antenas parabólicas (offset)			
Frecuencia de entrada	10,7-12,75 GHz		
Diámetro	60 cm	80 cm	100 cm
Ganancia (11,7 MHz)	35,9 dB	39 dB	40,5 dB
Ángulo de offset	26º	26º	24º
Ajuste de elevación	20-70º	20-70º	20-70º

a) Antena tipo offset.



Antenas parabólicas (foco centrado)			
Frecuencia de entrada	10,7-12,75 GHz		
Diámetro	120 cm	180 cm	220 cm
Ganancia (11,7 MHz)	41,5 dB	44,9 dB	46,6 dB
Ajuste de elevación	20-70º	20-60º	30-60º

b) Antena de foco centrado.

Figura 5.13. *Características técnicas de reflectores parabólicos.*

© Ediciones Paraninfo

Recuerda:

El reflector es un elemento pasivo que simplemente refleja las señales del satélite de manera que el haz se concentra en un único punto donde se sitúa el LNB.

Sabías que...

La banda satélite C (3,7-4,2 GHz y 5,9-6,4 GHz) fue la primera banda de frecuencias utilizada en las transmisiones satélite. Como el tamaño de las antenas receptoras depende del margen de frecuencias que se desea captar, las antenas requeridas para esta banda son relativamente grandes, típicamente de hasta 3 m de diámetro, según la ganancia requerida.

Ejemplo 5.5. Cálculo de la ganancia de una antena parabólica

La ganancia típica de un reflector de tipo offset de 80 cm de diámetro para una frecuencia de 11,7 GHz (frecuencia media aproximada del enlace descendente) es de aproximadamente 39 dB:

$\lambda = 0{,}02564$ m ($f = 11{,}7$ GHz)

$\eta = 0{,}8$ (valor típico para una antena offset)

$S = \pi \times r^2 = \pi \times (0{,}8/2)^2 = 0{,}5$ m^2

$$G = 10\log\left(\frac{4\pi S\eta}{\lambda^2}\right) = 10\log\left(\frac{4\pi \times 0{,}5 \times 0{,}8}{0{,}02564^2}\right) =$$

$$= 10\log(7.646) = 38{,}8 \text{ dB}$$

Para las mismas dimensiones, una antena de foco centrado con un rendimiento típico de $\eta = 0{,}6$ tiene una ganancia de 37,6 dB.

Tipos de reflectores

Los tipos de reflectores más usuales son los siguientes:

- **Antenas de foco centrado:** la unidad externa está situada en el foco de la parábola. Este tipo de antena se utiliza habitualmente en las instalaciones colectivas y, en general, cuando el diámetro necesario de la antena es superior a 1 m. Su rendimiento es muy bajo, aproximadamente de $\eta = 0{,}6$.
- **Antenas offset:** es un reflector constituido por una sección transversal de una parábola (Figura 5.14). La unidad exterior está situada en el punto focal, sostenida por un brazo que sale de debajo del reflector. El rendimiento típico de estas antenas es de $\eta = 0{,}8$.
- **Antena polar:** es una antena móvil que dispone de un soporte motorizado que se sujeta al disco parabólico y que va provisto de un brazo extensible o un rotor movido por un motor eléctrico de corriente continua.
- **Antenas multisatélite:** son antenas que utilizan un reflector común y varios alimentadores (Figura 5.15). Reciben las emisiones de los satélites a los que tiene orientado su correspondiente haz. Estas antenas se pueden utilizar cuando la posición orbital de cada uno de los satélites que se desea recibir es muy cercana.

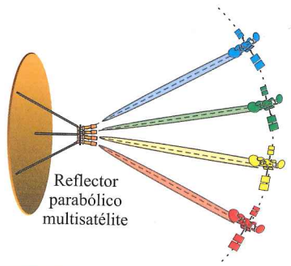


Figura 5.15. *Antena multisatélite.*

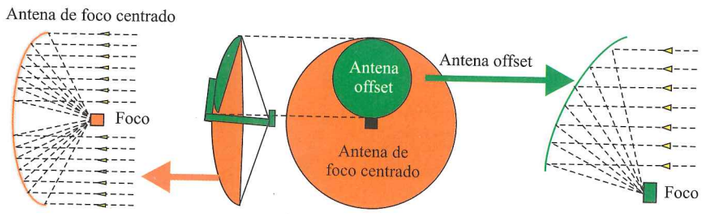


Figura 5.14. *Construcción de una antena de tipo offset.*

© Ediciones Paraninfo

Sabías que...

El principal inconveniente de las antenas de foco centrado es que se produce una zona de sombra debido precisamente a la posición del foco, por lo que su rendimiento es muy bajo. Para solucionar este problema se utilizan las antenas offset, donde hace falta menos superficie de reflector para obtener la misma ganancia.

5.4.2. Unidad exterior

La **unidad exterior** satélite se denomina **LNB** (*Low Noise Block*) y está constituida por los dispositivos que recogen la señal concentrada en el reflector parabólico y que se encargan de transmitirla a la unidad o unidades interiores. La unidad exterior (Figura 5.16) consta de un alimentador, un polarizador y un conversor:

- **Alimentador:** se encarga de recoger la débil señal concentrada por el reflector parabólico.
- **Dispositivos de polarización:** son los encargados de rechazar, en cada caso, la polarización no deseada. Se sitúan a la salida del alimentador de antena y antes del conversor.
- **Conversor LNB:** recoge la débil señal que proviene de la antena, la amplifica y la convierte en una señal de frecuencia más baja (FI) para su transmisión a las unidades interiores.

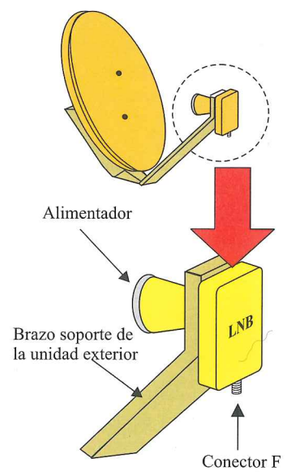


Figura 5.16. *Unidad exterior.*

Conversión a FI

Cada uno de los satélites puede emitir en las dos bandas (alta y baja) y en las dos polaridades (vertical y horizontal). El reflector recibe, por tanto, una señal comprendida entre 10,7 y 12,75 GHz.

La **unidad externa** (LNB) se encarga de elegir la señal de una de las bandas y polaridades satélite y convertirla a una frecuencia intermedia (FI) de 950-2.150 MHz (Figura 5.17), para distribuirla por el cable de bajada de la red de distribución.

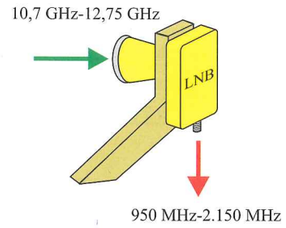


Figura 5.17. *Conversión a frecuencia intermedia (FI).*

La **frecuencia intermedia** (FI) es el margen de frecuencias que se distribuye por la instalación hasta el receptor satélite del usuario y comprende el margen de frecuencias de 950 a 2.150 MHz. Por tanto, el ancho de banda que se distribuye es de 1.200 MHz.

Para poder distribuir de manera simultánea todos los canales de un satélite es necesario utilizar cuatro cables de bajada (Figura 5.18).

A todo el proceso de conversión de frecuencia y selección de la polaridad se le denomina **conversión a frecuencia intermedia FI**.

En función de la capacidad de selección de bandas y polaridades y su número de salidas simultáneas que distribuye existen diferentes tipos de LNB.

Recuerda:

No es posible distribuir todos los canales satélites recibidos por un único cable de manera simultánea, y en general, no es económica una distribución con tantos cables, por lo que se utiliza un elemento encargado de elegir la banda y/o polaridad deseada. Esta función también la realiza la unidad externa o LNB.

© Ediciones Paraninfo

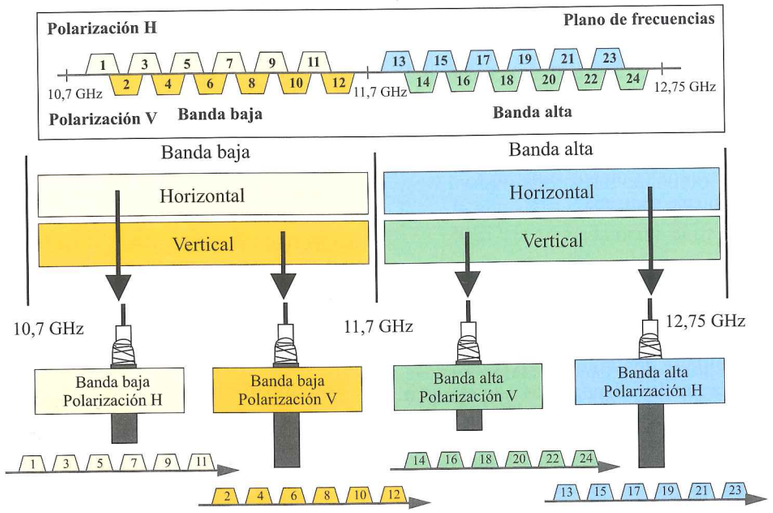


Figura 5.18. *Distribución a cuatro hilos.*

Sabías que...

Existe un tipo de distribución basada en repartidores conmutables que permite la distribución de cuatro y más cables de bajada hasta la instalación del usuario.

5.4.3. Tipos de unidades externas (LNB)

En función del número de salidas y la señal satélite que suministran existen diferentes tipos de LNB que permiten la selección de la banda y la polaridad deseada.

Alimentación del LNB

Un **LNB simple tiene** una única salida diseñada para suministrar una sola banda y polaridad del satélite. Existen otros LNB que suministran de manera simultánea diferentes bandas y polaridades (LNB con 2 o más salidas) y otros en los que se puede seleccionar la banda y la polaridad.

Tabla 5.3. Alimentación de un LNB universal.

Alimentación	Polaridad	Banda
13 V CC	Vertical	Baja
18 V CC	Horizontal	Baja
13 V CC + 22 kHz	Vertical	Alta
18 V CC + 22 kHz	Horizontal	Alta

La **alimentación** del LNB permite la selección de la banda y de la polaridad deseada. Tal y como se muestra en la Tabla 5.3, modificando la tensión de alimentación se selecciona la polaridad y añadiendo un tono piloto de 22 kHz se selecciona la banda.

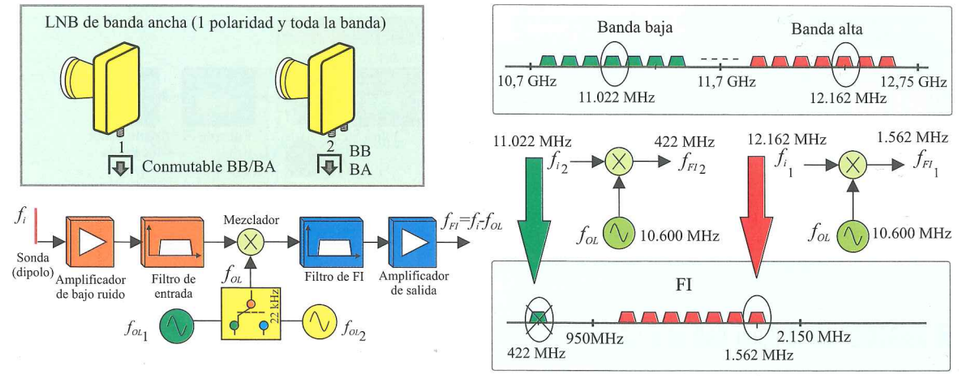
Selección de la banda satélite

Si el LNB es capaz de suministrar las dos bandas satélites el LNB recibe el nombre de **LNB de banda ancha**. La señal que emite el satélite está comprendida entre 10,7 y 12,75 GHz. Para que el LNB pueda captar todo el rango de frecuencias es necesario utilizar dos frecuencias de oscilador local (Figura 5.19.a).

Las frecuencias de los osciladores locales de los LNB no están normalizadas y cada fabricante utiliza frecuencias diferentes. Un ejemplo de frecuencias típicas del oscilador local es el que se muestra en la Figura 5.20:

- Para una f_{OL} = 9,75 GHz, la señal de la banda baja satélite se sitúa en el margen de frecuencias de FI de 950 a 1.950 MHz:
  - $f_{FI\,MÍN} = f_{i\,MÍN} - f_{OL}$ = 10.700 MHz – 9.750 MHz = 950 MHz
  - $f_{FI\,MÁX} = f_{i\,MÁX} - f_{OL}$ = 11.700 MHz – 9.750 MHz = 1.950 MHz
- Para una f_{OL} = 10,60 GHz, la señal de la banda alta satélite se sitúa en el margen de frecuencias de FI de 1.100 a 2.150 MHz:

© Ediciones Paraninfo



a) LNB de banda ancha (1 polaridad y toda la banda).

b) Ejemplos de conversión.

Figura 5.19. *LNB de banda ancha.*

— $f_{FI\,MÍN} = f_{i\,MÍN} - f_{OL}$ = 11.700 MHz – 10.600 MHz = 1.100 MHz

— $f_{FI\,MÁX} = f_{i\,MÁX} - f_{OL}$ = 12.750 MHz – 10.600 MHz = 2.150 MHz

Figura 5.20. *Alimentación de un LNB.*

Recuerda:

El elemento encargado de captar la radiación electromagnética es una sonda, que se encuentra en el interior del LNB. La sonda realiza la misma función que el dipolo de las antenas Yagui. Su orientación determinará la orientación del campo eléctrico que capta y, por tanto, la polaridad de la señal recibida.

Ejemplo 5.6. Conversión a frecuencia intermedia FI

La Figura 5.19.b muestra la conversión de un LNB cuando se utiliza una frecuencia de oscilador local de 10.600 MHz para seleccionar la banda alta del satélite.

Para recibir un transpondedor de la banda alta que emite a la frecuencia de 12.162 MHz, la frecuencia de salida de este transpondedor en FI es de 1.562 MHz:

$$f_{FI} = f_i - f_{OL} = 12.162 \text{ MHz} - 10.600 \text{ MHz} = 1.562 \text{ MHz}$$

La señal que el receptor satélite recibe y se encarga de demodular y convertir en una señal compatible con el receptor de TV es la señal de 1.562 MHz.

En cambio, para un transpondedor de la banda baja que emite a una frecuencia de 11.022 MHz, si utilizamos la misma frecuencia de oscilador local (10.600 MHz), la frecuencia que se obtiene a la salida de FI es de 422 MHz:

$$f_{FI} = f_i - f_{OL} = 11.022 \text{ MHz} - 10.600 \text{ MHz} = 422 \text{ MHz}$$

Como esta frecuencia está fuera de la banda de FI, será filtrada y no se distribuirá.

Si el LNB es conmutable y solo tiene una salida, la selección de la banda se realiza mediante un tono de 22 kHz. Este tono, en las instalaciones individuales lo suministra el receptor satélite en el momento de seleccionar el canal. En las instalaciones colectivas el tono de 22 kHz lo suministra el equipo de cabeza.

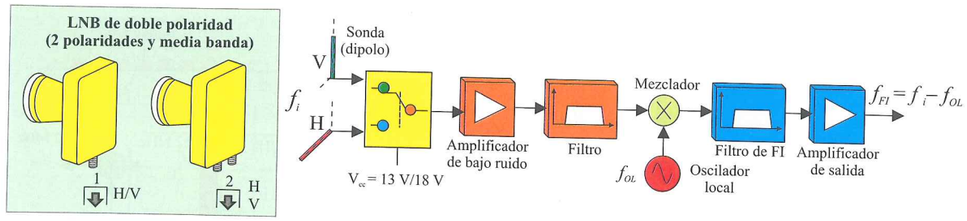


Figura 5.21. *Selección de la polaridad de un LNB.*

Selección de la polaridad satélite

El **LNB de doble polaridad** tiene dos salidas y no cubre toda la banda (Figura 5.21).

Si el LNB solo tiene una salida (conmutable) la selección de la banda se realiza mediante una señal de tensión. Los valores típicos utilizados son:

- 13 V: selección de la polaridad vertical.
- 18 V: selección de la polaridad horizontal.

Esta señal también la suministra el receptor satélite en el momento que se selecciona el canal o, en su caso, la unidad interna situada en el equipo de cabeza.

LNB cuádruple y LNB universal (doble polaridad y banda ancha)

El LNB que cubre toda la banda satélite y todas las polaridades se denomina **LNB cuádruple**. Este tipo de LNB tiene cuatro salidas, como el de la Figura 5.22, es adecuado para las instalaciones colectivas, ya que permite la captación de las dos polaridades de toda la banda. En este caso solo es necesario alimentar una de las salidas del LNB para que el dispositivo funcione de manera correcta.

Figura 5.22. *LNB cuádruple.*

Si el LNB es conmutable y tiene una única salida se le denomina **LNB universal**, ya que permite a un usuario la selección de la banda y la polaridad del satélite. La selección de la banda se realiza mediante la activación de un interruptor de tono de 22 kHz procedente del receptor digital. De cada una de las bandas se puede elegir, además, la polaridad vertical u horizontal, utilizando diferentes niveles de tensión de alimentación. Estos dispositivos son de aplicación en las instalaciones individuales. La Figura 5.23 muestra su aspecto externo.

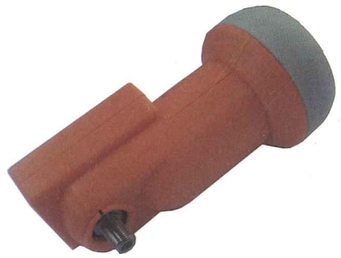


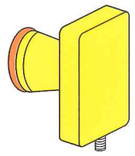
Figura 5.23. *LNB de doble polaridad y doble banda.*

5.4.4. Características técnicas del LNB

Además del tipo de LNB, que define el número de polaridades que puede captar y las salidas que distribuye, hay otras características importantes que definen un LNB (Figura 5.24). Las más importantes son:

- **Ganancia (G_{LNB}):** capacidad para amplificar la señal presente a la entrada. Un valor típico de ganancia es de 55 dB.
- **Figura de ruido (F_{LNB}):** cantidad de ruido que el LNB añade a la instalación. Los valores típicos están en torno a 1 dB, pero es común encontrar LNB de muy bajo ruido (F_{LNB} = 0,3-0,6 dB).

© Ediciones Paraninfo



LNB				
Frecuencia de entrada	10,7-12,75 GHz			
Frecuencia O.L.	9,75-10,6 GHz			
Frecuencia de salida	950-1.950 MHz / 1.100-2.150 MHz			
Número de salidas	1	1	2	4
Ganancia	60 dB	55 dB		
Figura de ruido	0,3 dB	0,6 dB		
Alimentación	12-30 Vcc			
Consumo	150 mA	150 mA	200 mA	225 mA

Figura 5.24. *Características técnicas de LNB comerciales.*

- **Alimentación:** los LNB son componentes activos que deben alimentarse. En los LNB conmutables la tensión de alimentación además permite la selección de la polaridad.

Recuerda:

El LNB es un dispositivo activo que integra en su interior amplificadores, osciladores y convertidores de frecuencia en un pequeño bloque de bajo coste.

Recuerda:

Las tensiones de alimentación del LNB pueden variar ligeramente de un fabricante a otro.

5.4.5. Unidad interior

La unidad interior recoge la señal de frecuencia intermedia que proviene de la unidad externa y la procesa. El procesamiento que realiza depende del tipo de unidad interna. La principal clasificación de las unidades interiores responde al tipo de instalación a la que van destinadas:

- Unidad interior individual.
- Unidad interior colectiva.

Unidad interior individual

La **unidad interior individual**, comúnmente denominada **receptor satélite**, realiza la función de sintonía, demodulación y decodificación de un canal específico dentro del bloque de canales de salida del LNB (Figura 5.25).

Figura 5.25. *Unidad interior individual.*

El receptor en este caso se encuentra en la vivienda, donde el usuario se encarga de elegir el canal y la unidad extrae la información de vídeo y sonido correspondiente.

Además incorpora los circuitos necesarios para controlar el **acceso del usuario** a programas y servicios en función de un sistema de claves que permite la decodificación de la señal.

El **control de acceso** es un sistema de codificación voluntario por parte de los fabricantes y proveedores de servicios para impedir el acceso a ciertos canales de televisión o de radio (televisión de pago). El acceso a los programas codificados se lleva a cabo mediante suscripción o por compra instantánea mediante tarjetas y claves de acceso. Hay diferentes sistemas de encriptación, los más utilizados en Europa son Mediaguard, Nagravision y Videoguard.

Sabías que...

Cuando la unidad interna es digital, recibe el nombre de IRD (receptor decodificador integrado). El IRD es el elemento necesario para convertir la señal digital procedente del satélite en una señal compatible con los receptores de TV.

© Ediciones Paraninfo

Unidad interior colectiva

Las **unidades interiores colectivas** dependen del tipo de distribución de canales utilizado (Figura 5.26). Estos elementos se instalan en el equipo de cabeza y permiten la recepción de la señal en todas las tomas de usuario de la instalación colectiva. Dependiendo del tipo de unidad interior colectiva utilizada, será necesario utilizar en la toma de usuario un receptor satélite (unidad interior individual).

Figura 5.26. *Unidad interior colectiva.*

Recuerda:

El criterio de signos utilizado para designar las coordenadas geográficas es:

- Oeste: signo negativo (–).
- Este: signo positivo (+).

5.5. Instalación de la antena

A la hora de realizar una instalación es necesario conocer el lugar al que hay que apuntar el conjunto de antenas para recibir la señal del satélite o satélites deseados.

5.5.1. Coordenadas de orientación de la antena: azimut y elevación

Para la instalación de la antena, una vez elegido el tipo de reflector y el diámetro apropiado, es necesario establecer las coordenadas de orientación de la antena.

Los dos parámetros básicos que se necesitan ajustar en una instalación de parábola fija son la **elevación,** que corresponde a la dirección Norte-Sur, y el **azimut** en la dirección Este-Oeste, tal y como refleja la Figura 5.27. Además, también es necesario realizar el ajuste del **ángulo de polarización** del LNB que incorpora el reflector.

Los datos de partida necesarios son las coordenadas geográficas del lugar de instalación (longitud y latitud) y la posición orbital del satélite (longitud). En la Tabla 5.4 se indican las coordenadas geográficas de las principales ciudades.

Para obtener la elevación y el azimut de un lugar respecto a un determinado satélite son necesarios los datos siguientes:

- La latitud del lugar de recepción (θ).
- Diferencia entre la longitud del lugar de recepción (L) y la longitud del satélite (L'): $\delta = L - L'$.
- Relación entre el radio de la tierra y el radio de la órbita del satélite ($\rho = 0{,}152$).

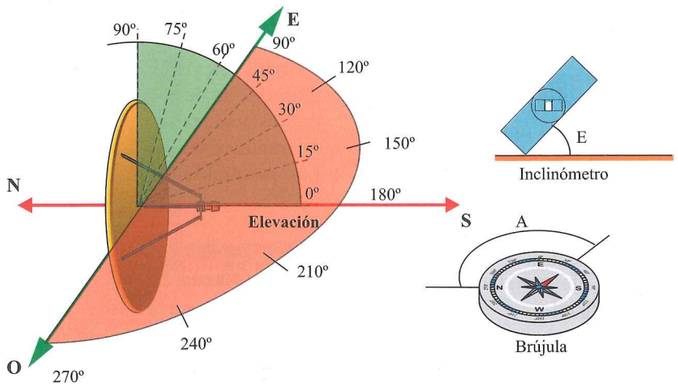


Figura 5.27. *Elevación y azimut de una antena parabólica.*

© Ediciones Paraninfo

Tabla 5.4. Coordenadas geográficas.

Ciudad	Latitud	Longitud	Ciudad	Latitud	Longitud
Albacete	39,00 N	1,52 O	Lugo	43,01 N	7,33 O
Alicante	38,20 N	0,29 O	Madrid	40,24 N	3,41 O
Almería	36,50 N	2,28 O	Málaga	36,43 N	4,25 O
Ávila	40,39 N	4,42 O	Murcia	37,59 N	1,07 O
Badajoz	38,53 N	6,58 O	Orense	42,20 N	7,52 O
Barcelona	41,23 N	2,11 E	Oviedo	43,22 N	5,50 O
Bilbao	43,15 N	2,55 O	Palencia	42,00 N	4,32 O
Burgos	42,20 N	3,42 O	Palma de Mallorca	39,35 N	2,39 E
Cáceres	39,28 N	6,22 O	Pamplona	42,49 N	1,38 O
Cádiz	36,32 N	6,18 O	Pontevedra	42,26 N	8,39 O
Castellón de la Plana	39,59 N	0,02 O	Salamanca	40,57 N	5,40 O
Ciudad Real	38,59 N	3,55 O	San Sebastián	43,19 N	1,59 O
Córdoba	37,53 N	4,47 O	Santa Cruz de Tenerife	28,28 N	16,15 O
Coruña	43,22 N	8,23 O	Santander	43,28 N	3,48 O
Cuenca	40,04 N	2,08 O	Segovia	40,57 N	4,07 O
Girona	41,59 N	2,49 E	Sevilla	37,23 N	5,59 O
Granada	37,11 N	3,35 O	Soria	41,46 N	2,28 O
Guadalajara	40,38 N	3,10 O	Tarragona	41,07 N	1,16 E
Huelva	37,16 N	6,57 O	Teruel	40,20 N	1,06 O
Huesca	42,08 N	0,24 O	Toledo	39,51 N	4,01 O
Jaén	37,46 N	3,47 O	Valencia	39,28 N	0,22 O
Las Palmas de Gran Canaria	28,06 N	15,25 O	Valladolid	41,39 N	4,44 O
León	42,36 N	5,34 O	Vitoria	42,51 N	2,41 O
Lleida	41,37 N	0,38 E	Zamora	41,30 N	5,45 O
Logroño	42,28 N	2,27 O	Zaragoza	41,39 N	0,52 O

Con estos datos podemos calcular la elevación (E), el azimut (A) y la distancia del satélite a nuestra antena (d).

Elevación (E)

$$E = \text{arctg}\,\frac{\cos\beta - \rho}{\text{sen}\,\beta} \quad \text{donde} \quad \beta = \arccos(\cos\theta \times \cos\delta)$$

Azimut (A)

$$A = 180^\circ + \text{arctg}\,\frac{\text{tg}\,\delta}{\text{sen}\,\theta}$$

Distancia (d)

La distancia entre el satélite y la antena receptora se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$d(km) = 35.786\sqrt{1 + 0{,}41999\,(1 - \cos\beta)}$$

Sabías que...

Canal+ emite su programación por dos satélites: Hispasat y ASTRA.

Ejemplo 5.7. Cálculo de los parámetros de orientación de un satélite

Se desea realizar la instalación de un sistema de distribución satélite en la ciudad de Tarragona para recibir la señal del operador Canal+ a través del satélite Hispasat 1C/1D.

Los cálculos necesarios para orientar el satélite Hispasat:

- **Posición orbital** (L'): 30° O = –30°
- **Coordenadas del lugar de instalación:**
  - — Latitud (θ): 41,07° N → $\theta = +41{,}07°$
  - — Longitud (L): 1,16° E → $L = +1{,}16°$
- **Diferencia de la longitud de lugar de instalación y la longitud del satélite** (δ):

$$\delta = L - L' = 1{,}16° - (-30°) = 31{,}16°$$

- **Cálculo del azimut:**

$$A = 180° + \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\,\delta}{\text{sen}\,\theta}\right) = 180° + \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}(31{,}16°)}{\text{sen}\ 41{,}07°}\right) = 180° + \text{arctg}\,(0{,}9204) = 180° + (42{,}63°) = 222{,}6°$$

- **Cálculo de la elevación:**

$$\beta = \arccos(\cos\theta \cdot \cos\delta) = \arccos(\cos(41{,}07°)\cdot\cos(31{,}16°)) = \arccos(0{,}6451) = 49{,}82°$$

$$E = \text{arctg}\left(\frac{\cos\beta - \rho}{\text{sen}\,\beta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\cos 49{,}82° - 0{,}152}{\text{sen}\ 49{,}82°}\right) = \text{arctg}\ (0{,}6455) = 32{,}84°$$

- **Distancia:**

$$d\,(\text{km}) = 35.786\sqrt{1 + 0{,}41999\,(1-\cos\beta)} = 35.786\sqrt{1 + 0{,}41999\,(1-\cos 49{,}82°)} = 38.360\ \text{km}$$

Una vez elegido el lugar de instalación adecuado, se orienta hacia el sur sin que ningún objeto la obstaculice y se procede a la instalación de la base de la parábola, de manera suficientemente segura para soportar el peso y la carga del viento.

Para la orientación del reflector se utiliza la **brújula** para medir el azimut (Figura 5.28) y el **inclinómetro** para medir la elevación (5.29).

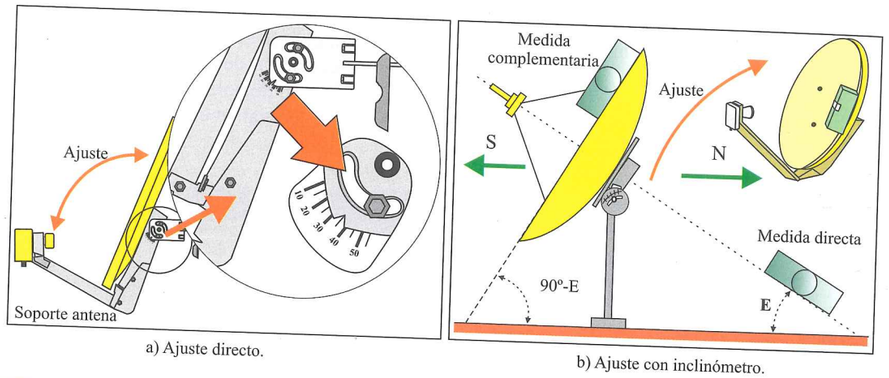
Figura 5.28. *Brújula.*

Figura 5.29. *Inclinómetro (nivel graduado).*

5.5.2. Ajuste de elevación

Para proporcionar el valor de elevación correspondiente a la antena, se actúa sobre el ajuste de elevación situado en el soporte de la antena. En algunas antenas viene incorporada una escala graduada para realizar este ajuste (Figura 5.30.a).

© Ediciones Paraninfo



a) Ajuste directo.

b) Ajuste con inclinómetro.

Figura 5.30. *Ajuste de la elevación.*

En caso contrario, el ajuste de elevación se realiza con la ayuda de un **inclinómetro** (Figura 5.30.b). En la práctica, el inclinómetro se sitúa sobre el plano de esta que es perpendicular a su eje por lo que el ángulo a aplicar en el inclinómetro es su complementario $H = 90° - E$, siendo H la lectura en el inclinómetro y E la elevación.

Ejemplo 5.8. Elevación a aplicar a partir del inclinómetro

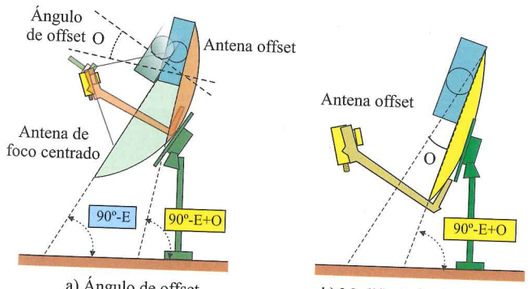
En el Ejemplo 5.7, la elevación a aplicar en el soporte de la antena es de 32,84°. Si se utiliza un inclinómetro, su lectura para el ajuste de la antena debe ser de 57,16°:

$$H = 90° - E = 90° - 32{,}84° = 57{,}16°$$

Corrección de offset

Debido a que una antena de tipo offset se construye a partir de una sección de una antena de foco centrado, en este tipo de antenas se debe aplicar, además, la corrección del **ángulo de offset** (O) que proporciona el fabricante.

En este caso la medida del inclinómetro debe indicar $H' = 90° - E + O$ (Figura 5.31).



a) Ángulo de offset.

b) Medida de la elevación.

Figura 5.31. *Corrección del ángulo de offset.*

Recuerda:

El ángulo de offset depende de la antena utilizada, por lo que deberemos consultar la documentación del fabricante para conocer el ángulo a corregir en función de sus características.

Ejemplo 5.9. Corrección de offset

En el Ejemplo 5.7, en lugar de utilizar una antena de foco centrado, se utiliza una antena de tipo offset, con un ángulo de offset de 26°. En este caso, la lectura del inclinómetro para el ajuste de una antena de tipo offset debe ser de 83,16°:

$$H = 90° - E + O = 90° - 32{,}84° + 26° = 83{,}16°$$

5.5.3. Ajuste de azimut

Para realizar el ajuste de azimut se gira la antena sobre su soporte y, con la ayuda de una brújula, se mide el ángulo de orientación de la parábola.

Todas las referencias durante el cálculo de los parámetros de orientación están referidas al norte geográfico. La brújula indica el norte magnético, por lo que es necesario tener en cuenta la diferencia entre ambos. Esta diferencia

se denomina **declinación magnética** y varía en función del lugar geográfico de instalación de la antena (Figura 5.32).

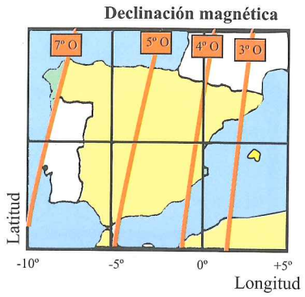


Figura 5.32. *Corrección por declinación magnética.*

El ángulo que debe marcar la brújula (A'), por tanto, debe ser A-D, donde A es el azimut y D la declinación magnética del lugar geográfico donde se realiza la instalación.

Ejemplo 5.10. Corrección de la declinación magnética

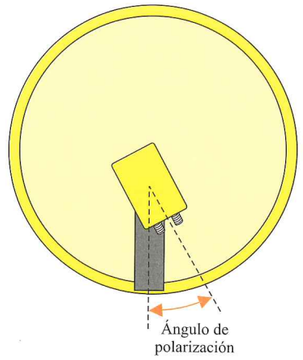
En el Ejemplo 5.7, la declinación magnética del lugar de instalación, según la Figura 5.32 es de aproximadamente –3,5° (3,5° O). La corrección debida a la declinación magnética en el ejemplo anterior, teniendo en cuenta el criterio de signos establecido, es:

$$A' = A - D = 222{,}6° - (-3{,}5°) = 226{,}1°$$

5.5.4. Ajuste de polarización (ajuste de *skew*)

La polarización de la señal está referida a la posición del satélite. Dependiendo del lugar de recepción el campo eléctrico que se recibe tiene una orientación diferente.

Para recibir la señal satélite de manera adecuada es necesario coincidir la orientación de la sonda interna del LNB con la polarización del campo eléctrico (Figura 5.33). El ángulo del plano de polarización se ajusta girando el LNB, respecto a la vertical en el sentido de las agujas del reloj.



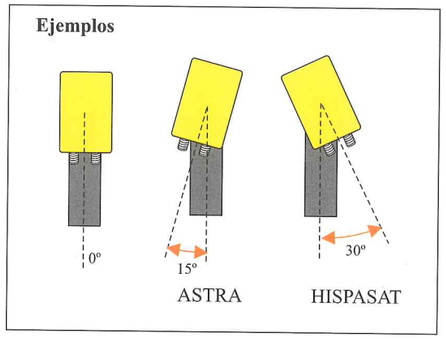


Figura 5.33. *Ángulo de polarización.*

Sabías que...

En el ejemplo, el ángulo de polarización calculado de manera práctica es de aproximadamente 30°.

Ejemplo 5.11. Orientación de la antena al satélite ASTRA

En el Ejemplo 5.7 se ha realizado el cálculo de los parámetros de orientación del reflector parabólico para el satélite Hispasat en la ciudad de Tarragona. En este caso se utilizarán herramientas informáticas para calcular los parámetros de orientación de la misma antena al satélite ASTRA.

A partir de los datos obtenidos se realizarán las correcciones necesarias para orientar de manera correcta la antena. Los datos que necesita la aplicación son el satélite (ASTRA-19,2° E) y las coordenadas del lugar de instalación (Tarragona): $\theta = 41{,}07°$ N y $L = 1{,}16°$ E.

© Ediciones Paraninfo

El resultado de la aplicación se muestra en la Figura 5.34:

- Azimut: 153,6 °.
- Elevación: 40°.
- Polarización: –19,6°.

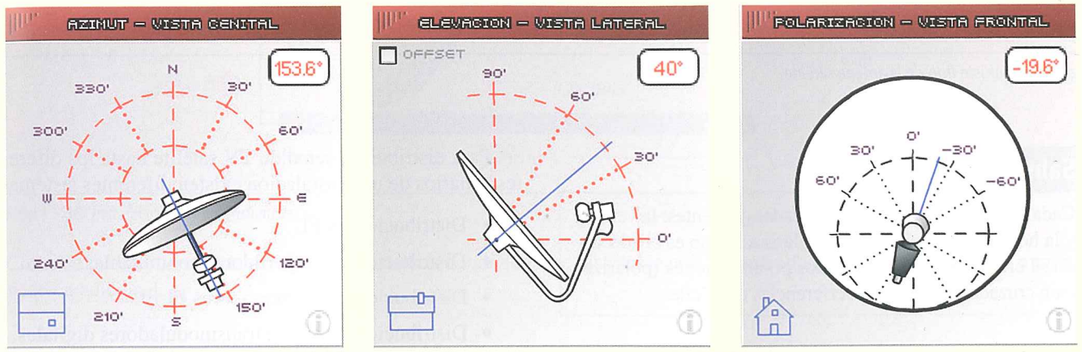


Figura 5.34. *Aplicación para la orientación de reflectores parabólicos.*

Las correcciones a realizar en la elevación de 40° son:

- Corrección de la elevación por offset (O): 26° (especificaciones del fabricante del reflector).
- Elevación real que hay que aplicar ($E' = E - O$): 40° – 26° = 14°.
- Medida del inclinómetro ($H' = 90° - E'$); 90° – 14° = 76°.

Las correcciones a realizar en el azimut de 153,6° son:

- Corrección azimut debido a la declinación magnética: –3,5° (mapa: 3,5° O).
- Medida de la brújula: 153,6° – (–3,5°) = 157,1°.

Sabías que...

La utilización de herramientas informáticas facilita el cálculo de los parámetros básicos de orientación de una antena parabólica. Por ejemplo, el recurso web http://www.diesl.com/azimut/ permite calcular el azimut, el ángulo de polarización, el ángulo de elevación y la distancia del satélite a la antena receptora, además de otros parámetros importantes de la instalación.

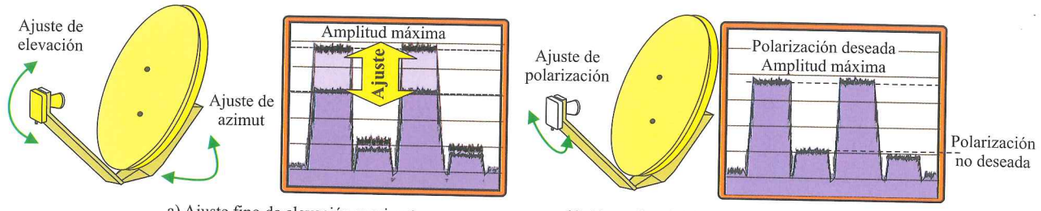
5.5.5. Ajuste fino de la antena

Una vez orientada la antena hacia el satélite deseado, se debe realizar un ajuste fino para lograr un apuntamiento óptimo que garantice que la señal recibida es la máxima y asegure que la interferencia de la polarización cruzada sea mínima.

Con la ayuda del medidor de campo, se mueve el plato de la antena en elevación y en azimut ligeramente hasta que en la pantalla del medidor la amplitud del espectro de la polaridad deseada sea el máximo (Figura 5.35.a).

El ajuste del **ángulo de polarización** se puede realizar de manera práctica también con un medidor de campo (Figura 5.35.b). Este ajuste se realiza rotando el LNB sobre su eje. Al realizarlo, en la pantalla del medidor de campo se observarán las señales de las dos polaridades: la vertical y la horizontal. El ajuste óptimo se corresponde en la posición para la cual los canales interferentes sean mínimos: máxima señal de la polaridad deseada y mínima señal de la no deseada.

© Ediciones Paraninfo



a) Ajuste fino de elevación y azimut.

b) Ajuste fino del ángulo de polarización.

Figura 5.35. *Ajuste fino de la antena satélite.*

Sabías que...

Cada satélite emite en dos polaridades diferentes: la vertical y la horizontal. Si el ajuste de polarización no es el adecuado se cruzará la señal de las dos polarizaciones (polarización cruzada) creándose interferencias entre ellas.

Recuerda:

En la ICT se utiliza la distribución en FI como principal sistema de distribución. Esta distribución se puede completar con otros componentes para aumentar la capacidad de canales a distribuir en la instalación.

5.6. Sistemas de distribución de la señal satélite

Los elementos utilizados en los sistemas de distribución de la señal de televisión terrestre (cable coaxial, derivadores, tomas de usuario, etc.) son de aplicación en los sistemas de distribución de la señal satélite, teniendo en cuenta que estos deben estar preparados para trabajar con señal en la banda de frecuencias comprendida entre 5 y 2.150 MHz.

Para distribuir la señal de TV satélite hasta los diferentes usuarios de una instalación existen diferentes sistemas:

- Distribución en FI.
- Distribución por repartidores conmutables.
- Distribución con procesadores FI-FI.
- Distribución mediante transmoduladores digitales.
- Distribución mixta.

5.6.1. Distribución en FI

La distribución en FI consiste en la distribución de las señales de satélite a la toma de usuario sin demodular. El usuario tiene en su toma la señal tal y como se encuentra a la salida del LNB.

En este tipo de distribución se transmiten los canales de TV terrestre (UHF) y los canales procedentes de la unidad exterior satélite (950-2.150 MHz) por un mismo cable.

Sabías que...

Cada usuario de una instalación colectiva en FI debe disponer del mismo receptor de satélite que el utilizado en una instalación individual, que permite sintonizar el canal deseado.

Ejemplo 5.12. Instalaciones individuales

En una instalación individual, como la señal se distribuye a un solo usuario, las pérdidas de la red son pequeñas, ya que básicamente está formada por un tramo de cable coaxial y la toma de usuario.

En la instalación de la Figura 5.36 se recibe aproximadamente 20 dBμV de señal de TV satélite con una antena de 35 dB de ganancia. El LNB convierte la señal satélite recibida en una señal de FI, aplicando una ganancia de 55 dB. El cable coaxial que conecta la antena con la toma de usuario tiene una longitud de 15 m. Teniendo en cuenta las pérdidas de la red en el margen de frecuencias de FI (950-2.150 MHz) el nivel de señal a la salida de la toma de usuario es de 64,8 dBμV, suficiente para sintonizar con calidad la programación satélite.

© Ediciones Paraninfo

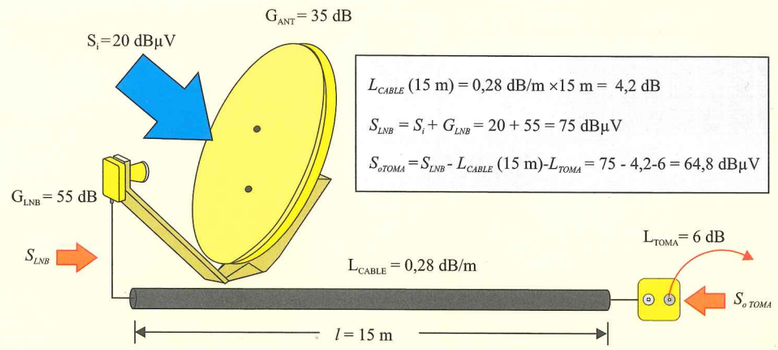


Figura 5.36. *Instalación satélite individual.*

Como se puede observar, la señal de una instalación individual se distribuye en FI, no siendo necesario, en este caso, amplificación adicional.

Distribución de una sola polaridad

El principal elemento que se puede encontrar en este tipo de distribución es el amplificador de FI o la central amplificadora.

El **amplificador de FI** es un amplificador diseñado para amplificar la señal de FI (950 a 2.150 MHz) procedente de la unidad exterior, con la misión de compensar las pérdidas introducidas por la red de distribución (Figura 5.37).

La Figura 5.38.a muestra la distribución de una sola polaridad utilizando un **amplificador de FI**. La señal satélite se amplifica y se mezcla con la señal que proviene del equipo de cabecera terrestre. Las características más importantes de un amplificador de FI se recogen en la Figura 5.38.b.

La alimentación del LNB cuando se utiliza una distribución en FI se realiza desde el propio amplificador de FI.

Figura 5.37. *Amplificador de FI.*

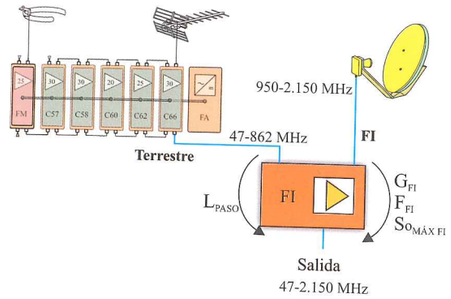
Sabías que...

La normativa de la ICT especifica que en ningún caso se debe superar el nivel de 110 dBμV de salida de los equipos de cabeza satélite.

Ejemplo 5.13. Interpretación de las características de un amplificador de FI

En la Figura 5.38.b se indican las características técnicas típicas de un amplificador de FI. El amplificador del ejemplo amplifica la señal satélite 40 dB y dispone de un atenuador regulable para modificar la ganancia de FI un margen de 20 dB. Como cualquier otro amplificador, otros parámetros importantes son su figura de ruido (F_{FI}) y la máxima tensión de salida que puede suministrar sin distorsión ($S_{o\,MÁX\,FI}$).

Normalmente, los amplificadores de FI disponen de una entrada de mezcla que permite la distribución por un único cable de la señal satélite y de la señal que proviene del equipo de cabeza terrestre. En este caso hay que tener en cuenta las pérdidas de inserción (L_{PASO}) de la señal terrestre cuando se mezcla con la señal satélite, que son de 2 dB.



a) Distribución de una polaridad (amplificador de FI).

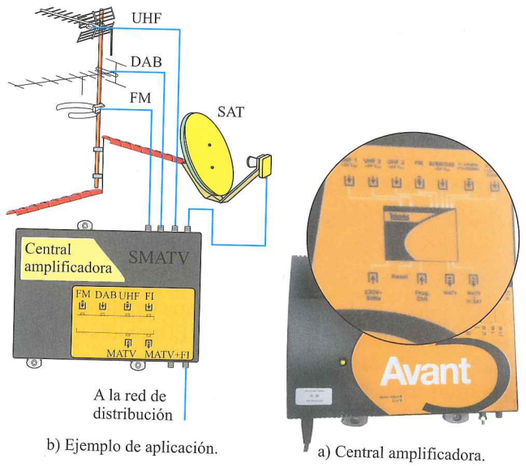
Amplificador de FI	
Banda FI	
Margen de frecuencias	950-2.150 MHz
Ganancia	40 dB
Margen de regulación	0-20 dB
Figura de ruido	7 dB
S_o salida (IMD_i= 35 dB)	116 dBμV
Banda terrestre	
Margen de frecuencias	5-862 MHz
Pérdidas de inserción	2 dB

b) Características técnicas.

Figura 5.38. *Distribución de una sola polaridad.*

Centrales amplificadoras

Existen también amplificadores de banda ancha (centrales amplificadoras) para su utilización en antenas colectivas que permiten amplificar de forma independiente la señal de FI y la señal de televisión terrestre (Figura 5.39.a). Para lo cual, además de las entradas de amplificación de las señales de TV terrestre (UHF) y radio (FM y DAB) dispone de una entrada específica para FI (Figura 5.39.b).



b) Ejemplo de aplicación.

a) Central amplificadora.

Figura 5.39. *Central amplificadora.*

Nivel máximo de salida de un amplificador de FI

Los amplificadores de FI y las centrales amplificadoras son amplificadores de banda ancha que amplifican más de dos canales de manera simultánea, por tanto, es necesario reducir el nivel máximo de salida especificado por el fabricante para evitar la distorsión de la señal de salida debido a los efectos de intermodulación de los canales.

Ejemplo 5.14. Nivel máximo de salida de un amplificador de FI

El fabricante del amplificador de FI de la Figura 5.38.b especifica un nivel de salida máximo de 116 dBμV.

La reducción que hay que aplicar al nivel de salida especificado por el fabricante para amplificar 24 transpondedores es de aproximadamente 10,2 dB:

$$R = 7{,}5 \times \log(N - 1) = 7{,}5 \times \log(24 - 1) = 10{,}2 \text{ dB}$$

Si el sistema amplifica 24 transpondedores satélite, el máximo nivel de señal que puede suministrar el amplificador sin distorsión es de 105,8 dBμV. Si se supera este valor, la señal de salida puede presentar distorsión por intermodulación de los canales de entrada:

$$S'_{o\,MÁX} = S'_{o\,MÁX} - R = 116 - 10{,}2 = 105{,}8 \text{ dBμV}$$

El nivel de salida de un amplificador de FI debe ser suficiente para compensar las pérdidas de la red.

Recuerda:

Como norma general, el amplificador de FI amplificará una banda completa de satélite, que engloba aproximadamente 24 transpondedores.

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

Ejemplo 5.15. Evaluación del nivel de señal en la cadena de recepción satélite

En el ejemplo de aplicación de la Figura 5.40, la señal que se recibe a la salida de la antena (S_i) es de 21,2 dBμV, que se amplifica en el LNB (G_{LNB} = 55 dB). A la salida del LNB se mide una señal de 76,2 dBμV:

$$S_{o\,LNB} = S_i + G_{LNB} = 21{,}2 \text{ dBμV} + 55 \text{ dB} = 76{,}2 \text{ dBμV}$$

Como el reflector satélite se encuentra en el exterior y el amplificador de FI se instala en el interior, junto al equipo de cabeza terrestre, hay que tener en cuenta la atenuación que introduce el cable coaxial de bajada (1,2 dB). La señal satélite que llega al amplificador de FI es de 75 dBμV:

$$S_{i\,AMP} = S_{o\,LNB} - L_{CABLE} = 76{,}2 \text{ dBμV} - 1{,}2 \text{ dB} = 75 \text{ dBμV}$$

La señal se amplifica teniendo cuidado de no superar el nivel máximo de salida calculado en el Ejemplo 5.14 (105,8 dBμV). Para conseguir un nivel de salida de 100 dBμV la ganancia del amplificador de FI se ajusta a 25 dB:

$$G_{FI} = S_{o\,AMP} - S_{i\,AMP} = 100 \text{ dBμV} - 75 \text{ dBμV} = 25 \text{ dB}$$

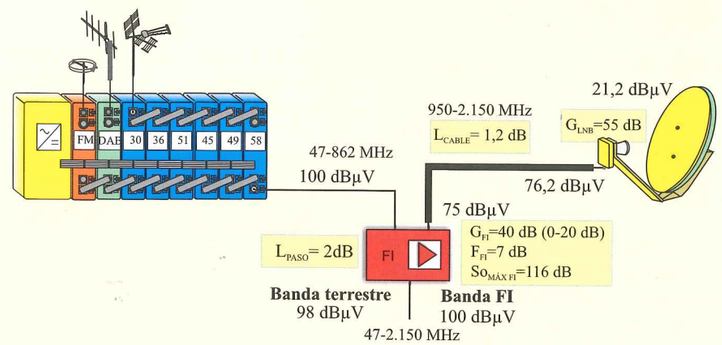


Figura 5.40. *Ejemplo de aplicación del amplificador de FI.*

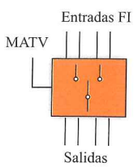
La señal terrestre (100 dBμV) se mezcla con la señal satélite a partir del amplificador de FI. La señal de salida de la banda terrestre del amplificador de FI se atenúa 2 dB debido a la atenuación de paso (98 dBμV).

A la salida del amplificador de FI tendremos la señal de TV terrestre, con un nivel de 98 dBμV y la señal de TV satélite con una señal de 100 dBμV.

5.6.2. Distribución mediante repartidores conmutables

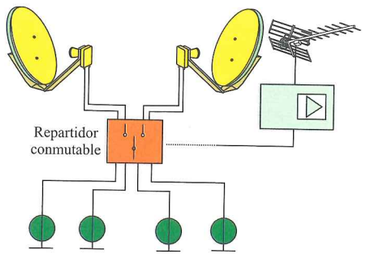
El **repartidor conmutable** es un dispositivo de dos o cuatro entradas y varias salidas que permite a cualquier salida elegir una de las entradas (Figura 5.41). Esto permite, a su vez, conectar diferentes antenas o polaridades a cada entrada, de forma que desde cada una de las salidas se puede seleccionar una polaridad o satélite diferente. La selección de la salida por la entrada se produce mediante cambios de tensión o tonos. Además, algunos repartidores conmutables permiten mezclar la señal de TV terrestre, por lo que en un único cable de bajada coexiste la señal satélite y la terrestre.

Figura 5.41. *Repartidor conmutable.*



Repartidor conmutable	
Número de entradas	4
Frecuencia de entrada	47-2.150 MHz
Conmutación	Tono 22 KHz
Atenuación de paso (FI)	< 3 dB
Atenuación de paso (MATV)	< 2 dB
Rechazo entre entradas	> 30 dB
Alimentación	12-20 V

a) Características técnicas.



b) Circuito de aplicación.

Figura 5.42. *Características técnicas de un repartidor conmutable.*

Recuerda:

En una instalación colectiva no pueden recibirse todas las posiciones orbitales deseadas mediante una sola parábola, ya que si un usuario moviese la antena hacia un determinado satélite, obligaría al resto de usuarios a recibir dicho satélite.

La Figura 5.42.a muestra las características técnicas de los repartidores conmutables, que son muy parecidas a las de un repartidor convencional, donde el parámetro más importante son las pérdidas de paso que introduce.

En la aplicación de la Figura 5.42.b se utiliza un repartidor conmutable para distribuir las dos polaridades recibidas de cada satélite, que se distribuyen a cuatro usuarios independientes. Esta solución es adecuada para pequeñas instalaciones comunitarias donde se quiere distribuir además de la señal terrestre la señal satélite.

Sabías que...

Cuando el repartidor conmutable solo dispone de una salida hablaremos simplemente de **conmutador**.

Sistemas multiconmutadores (*multiswitch*)

En instalaciones colectivas se utilizan repartidores conmutables que permiten el **montaje en cascada**, de manera que el número de conmutadores dependerá del número de usuarios a los que hay que repartir la señal. Para ello, al repartidor conmutable básico se le añaden salidas de derivación. Estos sistemas se denominan **multiconmutadores** o sistemas ***multiswitch***.

En la Figura 5.43 se muestra un ejemplo de distribución de la señal satélite mediante multiconmutadores. Los repartidores con amplificador permiten elevar, cuando así se requiera, el nivel de la señal FI. Además, la fuente de alimentación proporciona alimentación al resto de conmutadores de la cascada, incluido el LNB, a partir de la red eléctrica.

Sabías que...

Los sistemas de distribución mediante repartidores conmutables y multiconmutadores son un caso especial de distribución en FI, ya que se distribuye por diferentes cables la señal FI de los satélites seleccionados.

Sabías que...

La utilidad de los repartidores conmutables radica en su utilización en la instalación de sistemas colectivos de pequeño tamaño.

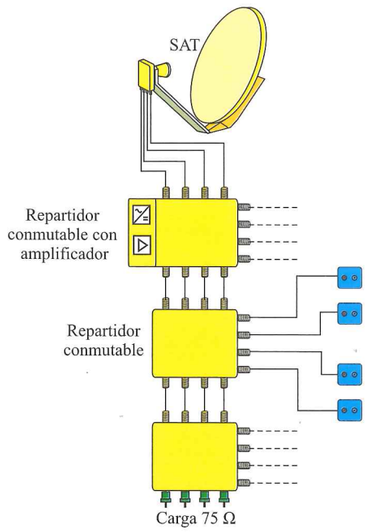
DiSEqC

Tradicionalmente el control de los elementos satélite se realiza mediante niveles de tensión y/o tonos de frecuencia (22 kHz). De este modo utilizando un LNB universal se puede recibir por una única salida las dos polaridades y las dos bandas de un satélite. La manera alternativa de controlar algunos de los dispositivos es mediante el **protocolo DiSEqC**.

El protocolo DiSEqC utiliza una estructura maestro-esclavo, donde un dispositivo maestro (generalmente el receptor satélite) controla diferentes dispositivos esclavos mediante comandos de control enviados a través del cable coaxial junto con la tensión de alimentación. Los componentes externos compatibles detectan y obedecen estos comandos. Los principales dispositivos esclavos que se pueden controlar son: LNB, conmutadores, motores, etc.

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo



Repartidor conmutable	No amplificado	Amplificado
Etapa de FI		
Frecuencia de entrada	950-2.150 MHz	950-2.150 MHz
Ganancia	---	25 dB
Margen de regulación	---	20 dB
Tensión máx. de salida	105 dBμV	112 dBμV
Atenuación de paso	1 dB	---
Atenuación de derivación	10 dB, 15 dB, 20 dB	---
Tensión de conmutación	13V/17V (ON/OFF) - 22 kHz (ON/OFF)	
Pérdidas de retorno	10 dB	10 dB
Rechazo entre salidas	30 dB	40 dB
MATV		
Frecuencia de entrada	950-2.150 MHz	950-2.150 MHz
Ganancia	---	20 dB
Margen de regulación	---	20 dB
Tensión máx. de salida	105 dBμV	95 dBμV
Atenuación de paso	2 dB	---
Atenuación de derivación	15 dB	---
Tensión de conmutación	13V/17V (ON/OFF) - 22 kHz (ON/OFF)	
Pérdidas de retorno	10 dB	10 dB
Rechazo entre salidas	20 dB	---

Figura 5.43. *Distribución mediante multiconmutadores.*

Recuerda:

Los repartidores conmutables (*multiswitch*) permiten la distribución de diferentes señales de FI y la selección individual de la señal satélite desde cada receptor. La conmutación se realiza mediante tensión 13/18 V y tono 0/22 kHz o mediante comandos DiSEqC. De esta manera se distribuyen por la instalación la señal de dos o más polaridades de uno o más satélites.

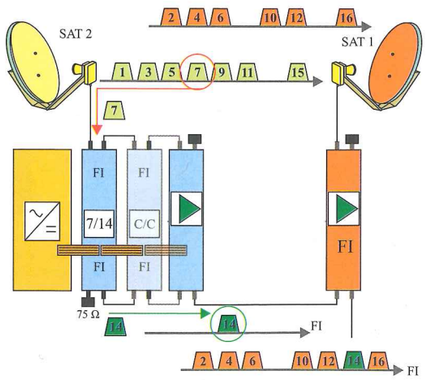
5.6.3. Distribución con procesadores FI-FI

La distribución con procesadores FI-FI se basa en la utilización de unos dispositivos denominados **procesadores de frecuencia intermedia** (Figura 5.44) que convierten cualquier canal dentro de la banda 950-2.150 MHz en otro de la misma banda, de manera que podemos reordenar y filtrar el espectro a voluntad.

La mejor opción para distribuir los canales procesados es buscar agujeros que no estén ocupados en el espectro de otra banda o polaridad satélite que se distribuye en FI.

Procesador FI-FI	
Características de entrada	
Frecuencia de entrada	950-2.150 MHz
Ancho de banda	27-32 MHZ
Nivel de entrada	60-80 dBμV
Características de salida	
Frecuencia de salida	950-2.150 MHz
Nivel de salida	85 dBμV
Margen de regulación	0-15 dB
Ancho de banda	27-32 MHz
Alimentación	
Consumo	450 mA

a) Características técnicas.



b) Ejemplo de aplicación.

Figura 5.44. *Procesador de FI-FI.*

Recuerda:

No toda la banda satélite está ocupada, existen huecos que no transmiten ningún transpondedor que pueden aprovecharse para emitir transpondedores de otras bandas, polaridades o satélites mediante un procesador FI-FI.

5.6.4. Distribución mediante transmodulación TDT

Este tipo de instalación se basa en el elemento denominado transmodulador digital transparente (TDT), que realiza un cambio de modulación de la señal de entrada.

Los dos tipos principales de transmoduladores que existen para su utilización en sistemas de recepción de TV satélite digital son los siguientes:

- **Transmodulador DVB-S/QAM o DVB-S2/QAM.** Este transmodulador transforma los canales de 32 MHz con modulación digital en la banda de FI (910-2.150 MHz) en canales con modulación QAM dentro de las bandas de VHF y UHF.
- **Transmodulador DVB-S/COFDM o DVB-S2/COFDM.** Este transmodulador transforma los canales de 32 MHz con modulación digital en la banda de FI (910-2.150 MHz) en canales con modulación COFDM dentro de las bandas de VHF y UHF.

En la Figura 5.45 se muestra el diagrama de bloques simplificado de un transmodulador. El transmodulador recibe un transpondedor de TV SAT en los formatos de modulación DVB-S (QPSK) o DVB-S2 (QPSK/8PSK) y lo desmodula obteniendo un paquete de transporte MPEG-2. Posteriormente, el paquete de transporte MPEG-2 es modulado en formato COFDM y convertido al canal de salida UHF o VHF, con un ancho de banda de 7-8 MHz.

En la Figura 5.46 se indican las principales características de estos dispositivos.

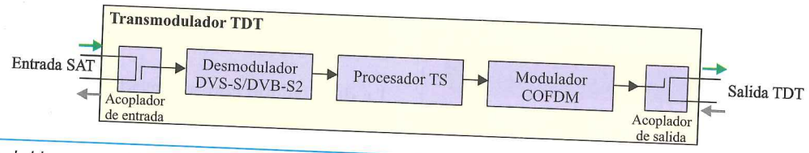
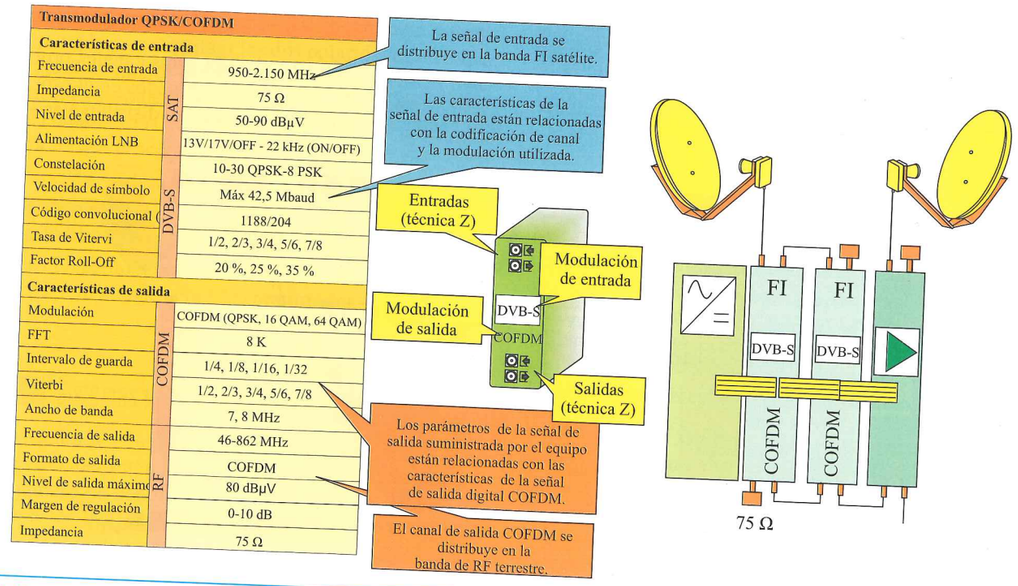


Figura 5.45. *Diagrama de bloques simplificado de transmodulador satélite.*



Transmodulador QPSK/COFDM		
Características de entrada		
Frecuencia de entrada	SAT	950-2.150 MHz
Impedancia	SAT	75 Ω
Nivel de entrada	SAT	50-90 dBµV
Alimentación LNB	SAT	13V/17V/OFF - 22 kHz (ON/OFF)
Constelación	DVB-S	10-30 QPSK-8 PSK
Velocidad de símbolo	DVB-S	Máx 42,5 Mbaud
Código convolucional	DVB-S	1188/204
Tasa de Vitervi	DVB-S	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Factor Roll-Off	DVB-S	20 %, 25 %, 35 %
Características de salida		
Modulación	COFDM	COFDM (QPSK, 16 QAM, 64 QAM)
FFT	COFDM	8 K
Intervalo de guarda	COFDM	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Viterbi	COFDM	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Ancho de banda	COFDM	7, 8 MHz
Frecuencia de salida	RF	46-862 MHz
Formato de salida	RF	COFDM
Nivel de salida máxim	RF	80 dBµV
Margen de regulación	RF	0-10 dB
Impedancia	RF	75 Ω

Figura 5.46. *Características de los transmoduladores DVB-S/COFDM.*

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

Recuerda:

La modulación QAM, empleada para la distribución de la señal digital por cable, se puede distribuir en la banda de 47-862 MHz con un ancho de banda de 7 u 8 MHz y, por tanto, se puede distribuir en los canales definidos por el CCIR.

Recuerda:

Los parámetros de funcionamiento del transmodulador (frecuencia de entrada, canal de salida, formato de modulacion y adaptación de servicios, principalmente) son programables de manera que se adaptan fácilmente a las características de la instalación.

5.6.5. Distribución mixta

En una **distribución mixta** se distribuyen los canales de satélite utilizando conjuntamente diferentes tipos de distribución.

5.6.6. Instalación compatible con la ICT

La Figura 5.47 muestra una instalación compatible con la ICT con distribución en FI de dos polaridades y/o bandas de dos satélites diferentes. En la vivienda del usuario se instala el PAU, que es el dispositivo que permite seleccionar la señal de uno de los cables de bajada.

Sabías que...

En la ICT debemos distribuir dos señales de FI satélite: estas pueden ser de dos satélites diferentes o dos polaridades y/o bandas del mismo satélite.

Los elementos necesarios para la distribución de la señal satélite en la ICT son los siguientes:

- **Sistema captador y equipo de cabeza.** En el caso de que en una instalación no se haya previsto inicialmente la distribución de la señal satélite, solo será necesario instalar las antenas parabólicas y el **amplificador de FI** correspondiente. El equipo de cabeza de la instalación debe disponer de un elemento que realice la función de mezcla para facilitar la incorporación a la red de distribución de las señales proce-

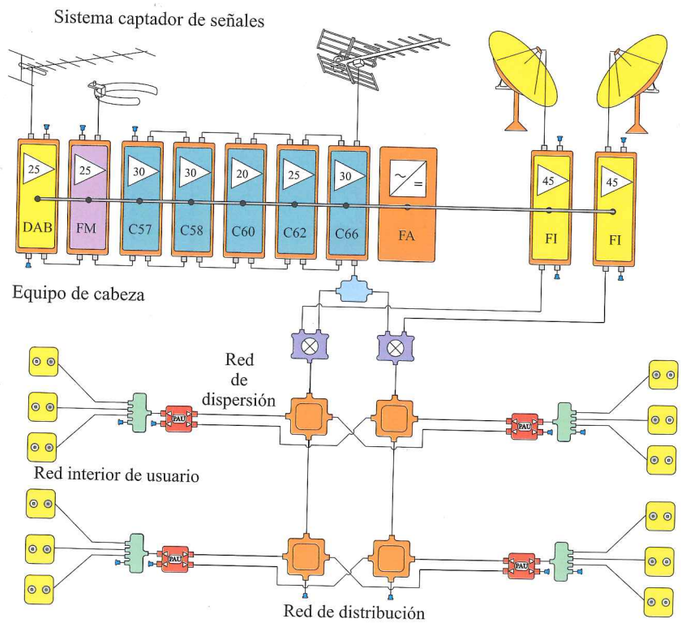


Figura 5.47. *Instalación compatible con la ICT.*

dentes de los conjuntos de elementos de captación y adaptación de señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite.

- **Red.** La red para la distribución de la señal de TV terrestre está preparada para el margen de frecuencias de 5 a 2.150 MHz, por tanto no es necesario ningún requisito especial para distribuir la señal satélite por la red de una ICT. Además, la ICT incluye el PAU a la entrada de la instalación interior de usuario.

Recuerda:

La red de TV de una ICT está preparada para transmitir la señal de la banda de FI satélite por los elementos de distribución de la red, ya que ha sido diseñada con este propósito.

5.7. Diseño de una instalación de TV satélite ICT

Para el diseño de la instalación se deben seguir los siguientes pasos:

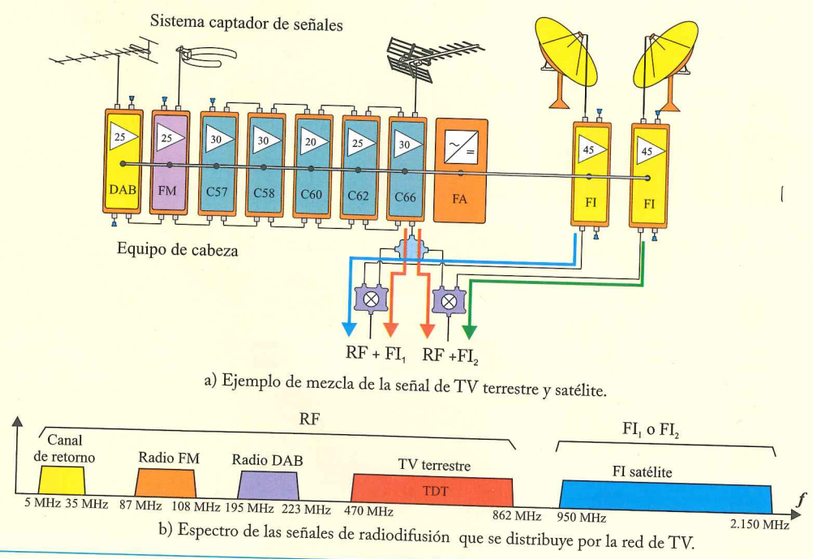
- **Cálculo de las pérdidas de la red de distribución.** Una vez elegidos los componentes que forman la red de distribución es necesario calcular las pérdidas que introducen estos elementos. Al igual que en una instalación MATV, es necesario identificar la toma más favorable y la más desfavorable.
- **Elección del equipo de cabeza.** Debido al diferente origen de los servicios que caracteriza de forma específica a cada uno de ellos, es recomendable diseñar independientemente las cabeceras. El dato más importante a calcular, para definir la cabecera, es el nivel de señal necesario que tiene que entregar para compensar las pérdidas de la red.
- **Diseño del equipo captador de señales.** El diseño debe realizarse para garantizar una calidad de imagen aceptable, es decir, para obtener una relación *C/N* en las tomas de usuario según la normativa, por lo que hay que elegir la ganancia de la antena adecuada. En función del lugar de instalación y a partir de las zonas de cobertura del satélite o previo cálculo, se elige la ganancia de la antena.

La Figura 5.49 muestra un ejemplo de diseño, donde se especifica la referencia de los componentes utilizados y los parámetros más significativos que hay que tener en cuenta para su diseño.

Ejemplo 5.16. Mezcla de la señal satélite

En el ejemplo de la Figura 5.48.a, el elemento que realiza la función de mezcla es el conjunto repartidor-dos mezcladores.

En cada uno de los dos cables que componen las redes de distribución y dispersión se sitúan las señales procedentes de los elementos de captación de emisiones de radiodifusión sonora y televisión terrestres. En el resto de ancho de banda disponible de cada cable se distribuye, de manera alternativa, las señales procedentes de los elementos de captación de las emisiones de radiodifusión sonora y televisión por satélite, distribuidas en FI. La Figura 5.48.b muestra el espectro de la distribución de las diferentes señales por la red de una ICT.



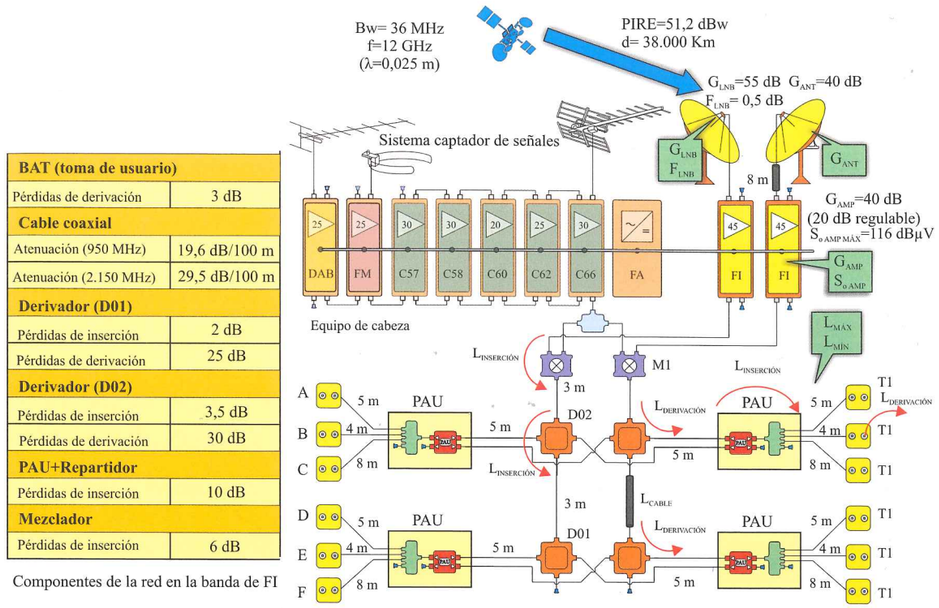
a) Ejemplo de mezcla de la señal de TV terrestre y satélite.

b) Espectro de las señales de radiodifusión que se distribuye por la red de TV.

Figura 5.48. *Distribución de la señal de TV satélite por la red de una ICT.*

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo



BAT (toma de usuario)	
Pérdidas de derivación	3 dB
Cable coaxial	
Atenuación (950 MHz)	19,6 dB/100 m
Atenuación (2.150 MHz)	29,5 dB/100 m
Derivador (D01)	
Pérdidas de inserción	2 dB
Pérdidas de derivación	25 dB
Derivador (D02)	
Pérdidas de inserción	3,5 dB
Pérdidas de derivación	30 dB
PAU+Repartidor	
Pérdidas de inserción	10 dB
Mezclador	
Pérdidas de inserción	6 dB

Componentes de la red en la banda de FI

Figura 5.49. *Ejemplo de diseño.*

Recuerda:

La mezcla de la señal de TV de terrestre y satélite también puede realizarse mediante un repartidor-mezclador específico para ICT o utilizando dos amplificadores de FI que incorporen entradas para la mezcla de la señal de radio y televisión terrestre.

Recuerda:

Para el análisis de la atenuación de la red se calcula la atenuación del cable coaxial en los extremos de la banda de FI: 950 MHz y 2.150 MHz. En el resto de componentes se supone su respuesta constante en toda la banda de FI.

Recuerda:

Si la ganancia de la antena es insuficiente, el nivel de señal útil no será lo suficientemente elevada en relación al ruido que se añade en el sistema. En este caso será necesario utilizar antenas de mayor diámetro.

5.7.1. Parámetros de calidad

De la misma manera que en los sistemas de distribución de la señal de TV y radio terrestre, la señal de TV satélite debe cumplir unos requisitos de calidad. Los niveles de calidad esperados en la toma de usuario y para la red se resumen en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Parámetros de calidad especificados por la normativa ICT.

Parámetro	Banda 950-2.150 MHz
Nivel de señal	
QPSK-TV	47-77 dBµV
Relación portadora/ruido aleatorio	
QPSK-TV DVB-S	≥ 11 dB
QPSK-TV DVB-S2	≥ 12 dB
8PSK DVB-S2	≥ 14 dB
Relación portadora/interferencias a frecuencia única	
QPSK-TV	≥ 18 dB
Relación de intermodulación	
QPSK-TV	≥ 18 dB
Parámetros globales de calidad de la instalación	
VBER QPSK	$< 9 \times 10^{-5}$
Características de la red para la banda de frecuencias de 950 MHz - 2.150 MHz	
Respuesta amplitud/frecuencia en canal	± 4 dB en toda la banda ± 1,5 dB en un ancho de banda de 1 MHz
Respuesta amplitud frecuencia en banda	≤ 20 dB
Desacoplo entre tomas de distintos usuarios	≥ 20 dB

5.7.2. Cálculo de las pérdidas de la red

La señal satélite que se distribuye por la red de distribución está comprendida en el margen de frecuencias de FI (950-2.150 MHz). Por tanto, es necesario tener en cuenta las características suministradas por el fabricante para esta banda, tanto de los componentes como del cable coaxial.

Ejemplo 5.17. Cálculo de las pérdidas de la red

Las características de los componentes utilizados en la banda FI se resumen en la Figura 5.49.

Para el cálculo de la atenuación de la red se tiene en cuenta la atenuación del cable en los extremos de la banda de FI. La atenuación del cable utilizado tiene una atenuación de 19,6 dB/100 m a la frecuencia de 950 MHz y una atenuación de 29,5 dB/100 m a la frecuencia de 2.150 MHz.

La atenuación de los tramos de cable de la red hasta cada toma se resume en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Atenuación de los tramos de cable coaxial.

Atenuación del cable coaxial			
Toma	**d (m)**	**L_{-CABLE}(950 MHz)**	**L_{-CABLE}(2.150 MHz)**
A	13	2,5 dB	3,8 dB
B	12	2,4 dB	3,5 dB
C	16	3,1 dB	4,7 dB
D	16	3,1 dB	4,7 dB
E	15	2,9 dB	4,4 dB
F	19	3,7 dB	5,6 dB

© Ediciones Paraninfo

Para el análisis de la atenuación de la red se deben tener en cuenta las características de los componentes en la banda de FI.

Para el cálculo de la atenuación de la toma más favorable ($L_{MÍN}$), se analiza la red a la frecuencia de 950 MHz (Tabla 5.7), que será cuando la red tenga unas pérdidas menores debido a la influencia del cable coaxial. Para el cálculo de la atenuación de la toma más desfavorable ($L_{MÁX}$), se analiza la red a la frecuencia de 2.150 MHz.

Tabla 5.7. Atenuación de la red en las frecuencias límite de la banda de FI.

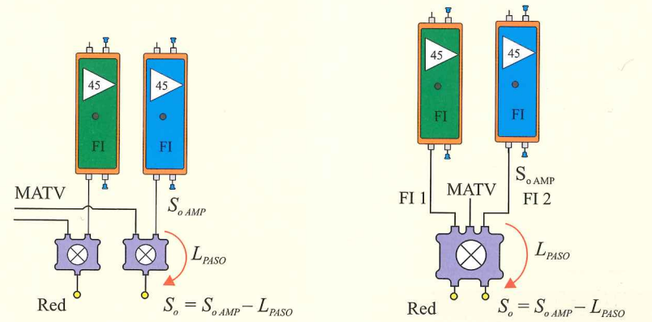
Atenuación componentes		Atenuación de la red a 950 MHz		Atenuación de la red a 2.150 MHz	
Toma	**$L_{COMPONENTES}$(dB)**	**L_{-CABLE}(dB)**	**L_{-RED}(dB)**	**L_{-CABLE}(dB)**	**L_{-RED}(dB)**
A	30 + 10 + 3 = 43	2,5 dB	45,5	3,8 dB	46,8
B	30 + 10 + 3 = 43	2,4 dB	45,4	3,5 dB	46,5
C	30 + 10 + 3 = 43	3,1 dB	46,1	4,7 dB	**47,7**
D	3,5 + 25 + 10 + 3 = 41,5	3,1 dB	44,6	4,7 dB	46,2
E	3,5 + 25 + 10 + 3 = 41,5	2,9 dB	**44,4**	4,4 dB	45,9
F	3,5 + 25 + 10 + 3 = 41,5	3,7 dB	45,2	5,6 dB	47,1

Del análisis de la atenuación de la red, las pérdidas de la red de distribución del ejemplo están comprendidas entre los valores siguientes:

- $L_{MÍN}$ = 44,4 dB (toma E a 950 MHz).
- $L_{MÁX}$ = 47,7 dB (toma C a 2.150 MHz).

A estas pérdidas, para calcular las características de los amplificadores de FI de la instalación, debemos añadir las pérdidas de los elementos de mezcla y reparto del equipo de cabeza, ya que tal y como se muestra en la Figura 5.50 disminuyen el nivel de salida del equipo de cabeza. En este ejemplo, a la salida del amplificador de FI se encuentra el mezclador, el cual tiene unas pérdidas de paso en FI de 6 dB:

- $L'_{MÍN}$ = 44,4 dB + 6 dB = 50,4 dB (toma E a 950 MHz).
- $L'_{MÁX}$ = 47,7 dB + 6 dB = 53,7 dB (toma C a 2.150 MHz).



a) Conjunto mezclador-2 repartidores.

b) Mezclador-repartidor de ICT.

Figura 5.50. *Pérdidas adicionales del equipo de cabeza.*

5.7.3. Elección del equipo de cabeza

El dato más importante a calcular, que define la cabecera del sistema satélite, es el nivel de señal (S_o) necesario que debe entregar para compensar las pérdidas de la red.

Los equipos que realizan procesado de la señal, caso de los transmoduladores, entregan a la salida una tensión máxima (especificada por el fabricante), que generalmente es regulable. Si este nivel no es suficiente para compensar las pérdidas introducidas por la red de distribución, es necesario utilizar amplificadores para estos elementos en el equipo de cabecera.

Nivel de salida de los amplificadores

Del mismo modo que en los sistemas MATV, es necesario calcular el nivel de salida del amplificador. Para ello partimos de los niveles exigibles por la normativa en la toma de usuario:

$$S_{o\,MÍN} > S_{MÍN\,TOMA} + L'_{MÁX\,RED}$$

$$S_{o\,MÁX} < S_{MÁX\,TOMA} + L'_{MÍN\,RED}$$

donde $S_{MÍN\,TOMA}$ es el valor de señal mínimo especificado por la normativa y $S_{MÁX\,TOMA}$ su valor máximo.

El nivel de señal de salida del amplificador debe estar comprendido entre los dos valores calculados anteriormente:

$$L'_{MÁX\,RED} + S_{MÍN\,TOMA} < S_o < L'_{MÍN\,RED} + S_{MÁX\,TOMA}$$

Como norma general, el amplificador se ajustará a un nivel promedio (S_o), teniendo cuidado de no sobrepasar el nivel de salida máximo especificado por el fabricante del amplificador incluyendo siempre la reducción (R) por número de canales:

$$S_0 = \frac{S_{o\,MÁX} + S_{o\,MÍN}}{2}$$

Sabías que...

La normativa de ICT especifica que, en todo caso, el nivel máximo de salida del amplificador de FI no debe superar los 110 dBμV.

Recuerda:

Debemos tener en cuenta en el momento de calcular el nivel de señal que entrega el equipo de cabecera a la red la atenuación adicional que introducen los elementos de mezcla y reparto de la señal de TV satélite de la ICT.

Ejemplo 5.18. Cálculo del nivel de salida del amplificador de FI

En el Ejemplo 5.16 el nivel de señal en la toma más desfavorable ($L_{MÁX}$ = 47,7 dB/$L'_{MÁX}$ = 53,7 dB) debe superar el especificado por la normativa (47 dBμV). Para ello el amplificador se debe ajustar por encima de 100,7 dBμV:

$$S_{O\,MÍN} > S_{MÍN\,TOMA} + L'_{MÁX\,RED} = 47\ \text{dBμV} + 53{,}7\ \text{dB} = 100{,}7\ \text{dBμV}$$

En la toma más favorable ($L_{MÁX}$ = 44,4 dB/$L'_{MÁX}$ = 50,4 dB), el nivel de señal debe ser inferior al especificado por la normativa (77 dBμV). Para ello el amplificador se debe ajustar por debajo de 127,4 dBμV:

$$S_{O\,MÁX} < S_{MÁX\,TOMA} + L'_{MÍN\,RED} = 77\ \text{dBμV} + 50{,}4\ \text{dB} = 127{,}4\ \text{dBμV}$$

La conclusión por tanto es que la salida del amplificador de FI debe ajustarse a un nivel comprendido entre:

$$100{,}7\ \text{dBμV} < S_o < 127{,}4\ \text{dBμV}$$

El nivel de salida del amplificador se debe ajustar en el margen de nivel de señal calculado anteriormente, pero sin superar el nivel de señal que puede suministrar el amplificador sin producir distorsión. Nuestro amplificador puede suministrar como máximo 116 dBμV, pero debemos incluir la reducción por número de canales que amplifica. Como es un amplificador de FI amplifica toda una banda y el nivel de reducción que debe aplicarse es de 10,2 dB, tal y como se ha calculado en el Ejemplo 5.14:

$$S_{O'\,AMP\,MÁX} = S_{O\,AMP\,MÁX} - R = 116\ \text{dBμV} - 10{,}2\ \text{dB} = 105{,}8\ \text{dBμV}$$

El nivel medio supera el máximo que puede suministrar el amplificador de la instalación, por lo que finalmente se ajusta a 105 dBμV, un valor, por tanto, adecuado, ya que no supera el nivel máximo especificado por el fabricante, incluida la reducción por número de canales.

Teniendo en cuenta el nivel de salida del amplificador de FI, el nivel de señal en las tomas de usuario es:

$$S_{TOMA\,MÍN} = So_{AMP} - L'_{MÁX\,RED} = 105\ \text{dBμV} - 53{,}7\ \text{dB} = 51{,}3\ \text{dBμV}$$

$$S_{TOMA\,MÁX} = So_{AMP} - L'_{MÍN\,RED} = 105\ \text{dBμV} - 50{,}4\ \text{dB} = 54{,}6\ \text{dBμV}$$

© Ediciones Paraninfo

Recuerda:

El nivel de señal en la toma que especifica la normativa de ICT para los canales digitales satélite (QPSK-TV) es de 47-77 dBμV.

Nivel de señal a la salida de la antena

El nivel de señal a la salida de la antena depende del PIRE del satélite, de la ganancia de la antena receptora y de la ganancia del LNB utilizado.

Ejemplo 5.19. Nivel de salida del sistema captador satélite

Para el ejemplo de la Figura 5.49, las principales características de la banda satélite, las cuales se resumen en la Figura 5,51, el nivel de señal a la salida de la antena es:

$$C(\text{dBw}) = PIRE(\text{dBw}) + G_{ANT}(\text{dB}) - L_{MEDIO} - \text{FC} = 51{,}2 + 40 - 205{,}5 - 2 = -116{,}3\ \text{dBw}$$

Aplicando la relación entre unidades podemos expresar el nivel de señal en dBμV:

$$C(\text{dBμV}) = C(\text{dBw}) + 138{,}8\ \text{dB} = -116{,}3\ \text{dBw} + 138{,}8\ \text{dB} = 22{,}5\ \text{dB μV}$$

El nivel de señal de salida de la antena de nuestro ejemplo es de 22,5 dBμV, que se amplifica de manera considerable en el LNB, obteniendo a su salida una señal de 77,5 dBμV:

$$S_{o\,LNB} = C + G_{LNB} = 22{,}5\ \text{dB μV} + 55\ \text{dB} = 77{,}5\ \text{dBμV}$$

Este nivel, teniendo en cuenta las pérdidas que añade el cable de bajada, permite evaluar la señal a la entrada del amplificador de FI.

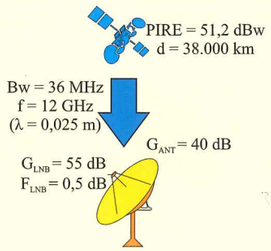


Figura 5.51. *Nivel de salida del equipo captador.*

Ganancia del amplificador

La elección del amplificador debe asegurar que tiene la ganancia suficiente para entregar el nivel de señal necesario a su salida. A partir del nivel de señal a la entrada del amplificador (S_i) y del nivel de señal que debe entregar (S_o) se puede evaluar la ganancia (G_{AMP}) del amplificador:

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

Ejemplo 5.20. Elección del amplificador de FI

En la Figura 5.52 se resume el análisis de la ganancia del amplificador de FI de la instalación. La atenuación del cable de bajada de la antena hasta el amplificador a la frecuencia de 2.150 MHz es de 2,36 dB:

$$L_{CABLE} = L(2.150\ \text{MHz}) \times l(\text{m}) = 0{,}295\ \text{dB/m} \times 8\ \text{m} = 2{,}36\ \text{dB}$$

La señal a la entrada del amplificador (S_i) dependerá del nivel de salida del LNB y de la atenuación debida al cable (L_{CABLE}) de bajada:

$$S_i = S_{o\,LNB} - L_{CABLE} = 77{,}5\ \text{dBμV} - 2{,}36\ \text{dB} = 75{,}14\ \text{dBμV}$$

El amplificador se debe ajustar a 30 dB para conseguir la señal deseada a su salida de 105 dBμV:

$$G_{AMP} = S_o - S_i = 105\ \text{dBμV} - 75{,}14\ \text{dBμV} = 29{,}86\ \text{dB}$$

El amplificador utilizado en el ejemplo tiene una ganancia de 40 dB, pero se puede regular un margen de 20 dB, por lo que es adecuado para nuestra instalación.

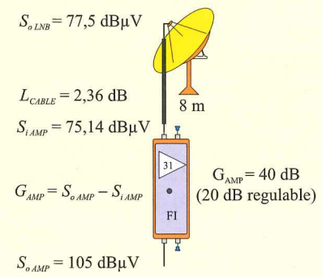


Figura 5.52. *Ganancia del amplificador de FI.*

Sabías que...

Como una instalación satélite es la asociación de diferentes cuadripolos en cascada podríamos evaluar la figura de ruido equivalente a la entrada del sistema (F_{eq}) utilizando la fórmula de Friis.

5.7.4. Elección del sistema captador

La elección del sistema captador debe garantizar una relación portadora/ruido (C/N_o) adecuada para asegurar la calidad de la señal en las tomas de usuario. El principal factor que influye en este requisito es la ganancia de la antena.

Nivel de ruido

En la Figura 5.53.a se muestra el circuito equivalente de una instalación satélite.

Debido a las características de una instalación satélite (F_{LNB} muy baja y G_{LNB} muy alta) y a que la fuente de ruido en las comunicaciones satélite es principalmente el ruido de antena, en lugar de utilizar la figura de ruido se utiliza la temperatura **equivalente de ruido** (T_e). De esta manera, como se observa en la Figura 5.53.b podemos evaluar el nivel de ruido equivalente de entrada de la instalación (N_e):

$$N_e = 10\log\,(K \times T_e \times B_W)$$

El ancho de banda de ruido (B_W) de un canal satélite depende del ancho de banda del canal, que está comprendido entre 27 y 36 MHz. Para el cálculo del ruido utilizaremos este último por ser más restrictivo.

Sabías que...

En un sistema satélite el primer elemento de la cadena de transmisión es el LNB, que tiene una ganancia muy grande. Por tanto, el resto de la instalación no influye significativamente en el nivel de ruido que añade.

Sabías que...

La temperatura de ruido es un parámetro que se utiliza cuando el factor de ruido de un dispositivo es pequeño, es decir, cuando T_e es mucho más pequeño que la temperatura ambiente. En el resto de los casos se utiliza el factor de ruido.

Temperatura equivalente de ruido

La **temperatura equivalente de ruido** (T_e) se utiliza para evaluar la cantidad de ruido que añade un dispositivo.

La relación entre la figura de ruido y la temperatura de ruido es la siguiente:

$$T_e = T_0(f-1) \qquad \text{o bien} \qquad f = \frac{T_e}{T_0} + 1$$

Las dos componentes que influyen en el ruido de un sistema satélite son la temperatura de la antena (T_A) y la temperatura de ruido del LNB (T_{LNB}). Por tanto, los efectos del amplificador y de la red de distribución son despreciables.

La temperatura equivalente (T_e) del conjunto antena-LNB es:

$$T_e = T_A + T_o(f_{LNB}-1) = T_A + T_{LNB}$$

donde T_o es 290 K, f_{LNB} es el factor de ruido del LNB en unidades lineales y T_A es la temperatura de la antena.

La **temperatura de antena** (T_A) depende del diagrama de radiación de la antena y de su orientación, pero para la banda Ku (Figura 5.54) se puede considerar este valor constante y de aproximadamente 70 K.

El nivel de ruido equivalente (N_e) a la entrada es:

$$N_e = 10 \times \log(K \times T_e \times B_W) = 10 \times \log(K \times (T_A + T_{LNB}) \times B_W)$$

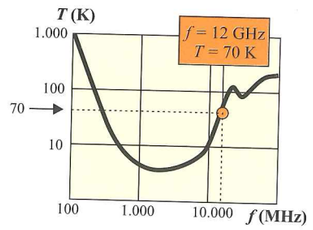
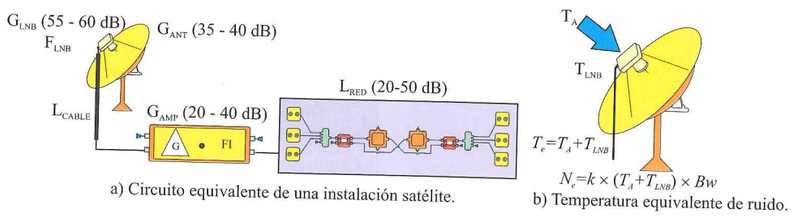


Figura 5.54. *Temperatura de antena.*



a) Circuito equivalente de una instalación satélite.

b) Temperatura equivalente de ruido.

Figura 5.53. *Instalación satélite receptora.*

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

Ejemplo 5.21. Cálculo del ruido equivalente de la instalación

Respecto del ejemplo anterior (Figura 5.49), los elementos que predominan en la aportación de ruido al sistema son la antena y el LNB. Considerando las características del LNB (F_{LNB} = 0,5 dB), su temperatura de ruido es:

$$f_{LNB} = 10^{F/10} = 10^{0,05} = 1,12$$

$$T_{LNB} = T_o \times (f_{LNB} - 1) = 290 \times (1,12 - 1) = 35,4 \text{ K}$$

La temperatura equivalente de ruido del conjunto antena-LNB es:

$$T_e = T_A + T_{LNB} = 70 \text{ K} + 35,4 \text{ K} = 105,4 \text{ K}$$

La potencia de ruido equivalente a la salida (N_e) de la antena es:

$$N_e = 10 \times \log(K \times T_e \times B_W) =$$

$$= 10 \times \log(1,38 \times 10^{-23} \times 105,4 \times 36 \times 10^6) = -132,8 \text{ dBw}$$

Considerando la relación entre unidades:

$$N_e(\text{dB}\mu\text{V}) = N_e(\text{dBw}) + 138,8 \text{ dB} =$$

$$= -132,8 \text{ dBw} + 138,8 \text{ dB} = 6 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Recuerda:

Este ruido no es real, sino que es el equivalente a la entrada que nos permite evaluar la relación C/N de salida (C/N_o).

Relación *C/N*

La elección de la antena debe asegurar que la relación entre la potencia de la portadora y el ruido (C/N) recibida en cada una de las tomas de usuario sea la adecuada. Las condiciones son diferentes según el tipo de canales a recibir:

- Recepción de TV-QPSK DVB-S: $C/N \geq 11$ dB.
- Recepción de TV-QPSK DVB-S2: $C/N \geq 12$ dB.
- Recepción de TV-8PSK DVB-S2: $C/N \geq 15$ dB.

La Figura 5.55 muestra cómo conociendo el nivel de señal de salida de la antena (C_i) y el ruido equivalente de entrada (N_e) se puede evaluar la relación C/N de salida (C/N_o):

$$C/N_o = C_i - N_e$$

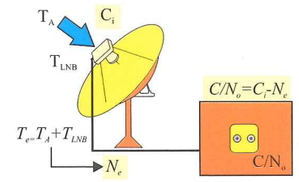


Figura 5.55. *Cálculo de C/N_o a partir del ruido equivalente de entrada.*

Recuerda:

La C/N requerida para la TV digital 8PSK de DVB-S2 es mayor, por lo que como criterio de referencia para el cálculo podemos escoger que la instalación debe cumplir el criterio $C/N \geq 15$ dB.

Ejemplo 5.22. Evaluación de la *C/N* de la instalación

En el sistema del ejemplo se recibe un nivel de señal a la salida de la antena de 22,5 dBμV y un nivel de ruido equivalente de 6 dBμV. La relación C/N de salida es:

$$C/N_o = C_i - N_e = 22,5 \text{ dB}\mu\text{V} - 6 \text{ dB}\mu\text{V} = 16,5 \text{ dB}$$

Con este valor se asegura la recepción de la señal satélite digital ($C/N_{QPSK} > 11$ dB), además del resto de señales de TV digital.

5.7.5. Elección de la antena

Como **criterio de elección de la antena**, su ganancia (G_{ANT}) debe ser la adecuada para mantener la relación C/N_o en los niveles requeridos por la instalación.

La relación C/N_o por tanto se corresponde con la siguiente expresión:

$$C/N_o\,(\text{dB}) = C_i\,(\text{dB}) - N_e\,(\text{dB}) = PIRE\,(\text{dBw}) + G_{ANT}\,(\text{dB}) -$$

$$- L_{MEDIO} - FC(\text{dB}) - N_e$$

Conocido el *PIRE* del satélite, la frecuencia de emisión, la distancia del satélite y la potencia de ruido, se puede evaluar la ganancia de la antena necesaria para recibir la señal de TV para una C/N_o deseada:

$$G_{ANT}\,(\text{dB}) > C/N_{DESEADA}\,(\text{dB}) - PIRE\,(\text{dBw}) + L_{MEDIO} +$$

$$+ FC\,(\text{dB}) + N_e$$

Sabías que...

Para cada satélite el operador proporciona las **zonas de cobertura**, que permiten la elección del diámetro de la antena en función de la zona geográfica y el número de equipos receptores a instalar. Esto permite calcular la ganancia de la antena receptora de forma fácil y cómoda.

Ejemplo 5.23. Cálculo de la ganancia mínima de la antena

Para el ejemplo de la Figura 5.49, para garantizar la recepción de la señal satélite de TV-8PSK DVBS-2, es necesario asegurar una *C/N* en la toma de usuario de 15 dB. Para ello la ganancia de la antena receptora debe ser mayor de 38,6 dB:

$$G_R\,(\text{dB}) > C/N\,(\text{dB}) - PIRE\,(\text{dBw}) + L_{MEDIO} +$$
$$+ FC\,(\text{dB}) + N_e\,(\text{dBw}) = 15\text{ dB} - 51{,}2\text{ dBw} +$$
$$+ 205{,}6\text{ dB} + 2\text{ dB} - 132{,}8\text{ dBw} = 38{,}6\text{ dB}$$

Para conseguir la relación *C/N* deseada es necesario utilizar una antena de ganancia mayor de 38,6 dB. Una antena adecuada sería una de tipo offset de diámetro 100 cm, como la de la Figura 5.13, que tiene una ganancia de 40,5 dB.

Recuerda:

La ecuación de transmisión de un sistema satélite utiliza como unidad de medida el vatio. Por tanto, para evaluar esta expresión necesitamos utilizar como unidades el dBw.

5.8. Medida de la calidad de la señal

Una vez realizada la instalación de la red de la señal de TV terrestre y satélite es necesario comprobar que se cumplen los criterios de calidad requeridos.

5.8.1. El medidor de campo

Para realizar las medidas de calidad se utiliza el medidor de campo, configurado para realizar las medidas en la banda de FI satélite.

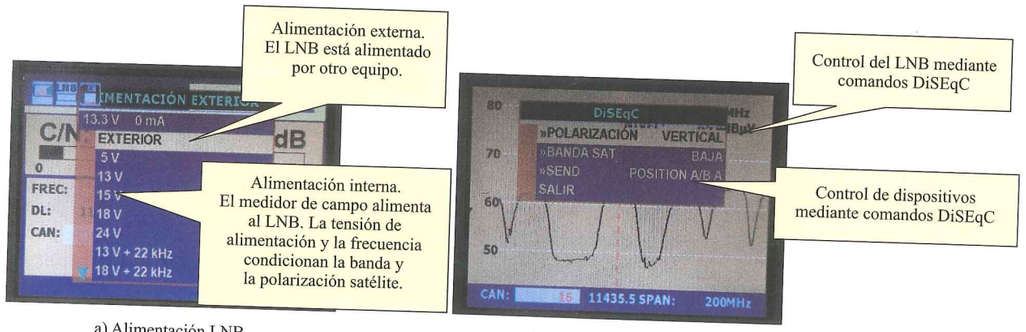
En ocasiones es necesario alimentar la unidad externa desde el propio medidor de campo, por lo que hay que configurar el medidor para que suministre la alimentación del LNB (Figura 5.56.a). Ejemplos de condiciones de medida son las siguientes:

- En una instalación colectiva en funcionamiento, la alimentación del LNB la suministra el equipo de cabeza.
- En una instalación individual, la alimentación la suministra el propio receptor satélite, por lo que normalmente en la realización de medidas, si se desconecta el receptor, el medidor de campo debe alimentar el LNB.

El control de un LNB u otro dispositivo satélite (Figura 5.56.b), también puede realizarse a través del medidor de campo mediante comandos DiSEqC.

Sabías que...

Las medidas realizadas sobre los canales de satélite no difieren significativamente de las realizadas sobre los canales terrestres, aunque es necesario tener en cuenta que la banda de frecuencia es diferente: 950-2.150 MHz.



a) Alimentación LNB.

b) Comandos DiSEqC.

Figura 5.56. *Alimentación del LNB a través del mediador de campo.*

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

Recuerda:

Cuando se realiza una medida con el medidor de campo, si este no detecta el canal de manera automática, se debe configurar algunos parámetros en el equipo.

5.8.2. Medida de la señal satélite

Las consideraciones que hay que tener en cuenta para realizar una medida correcta son las siguientes:

- Selección de la banda: banda de FI.
- Modo de funcionamiento: TV o espectro.
- Selección de los parámetros del canal: sistema, codificación de vídeo, modulación de la señal, etc.
- Selección de la medida (Figura 5.57): C, C/N, BER, etc.
- Alimentación del LNB.

La Figura 5.58 muestra las medidas a realizar en la instalación para completar el protocolo de pruebas y comprobar la calidad de la instalación:

- Nivel de la señal que se recibe a la entrada y salida del amplificador de cabecera en tres frecuencias significativas de la banda y en la toma de usuario, en los casos mejor y peor de cada ramal.
- BER en toma para las señales de TV digital por satélite, al menos en el peor caso de cada ramal.

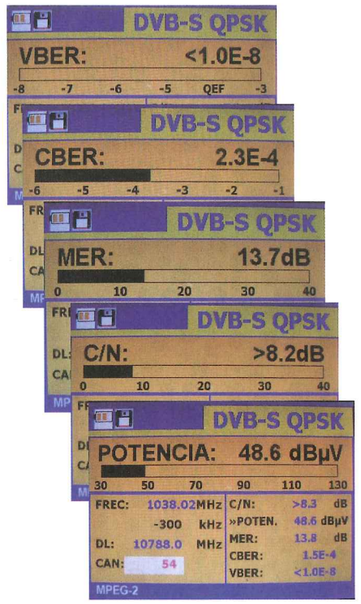


Figura 5.57. *Medida de la calidad de la señal satélite digital con el medidor de campo.*

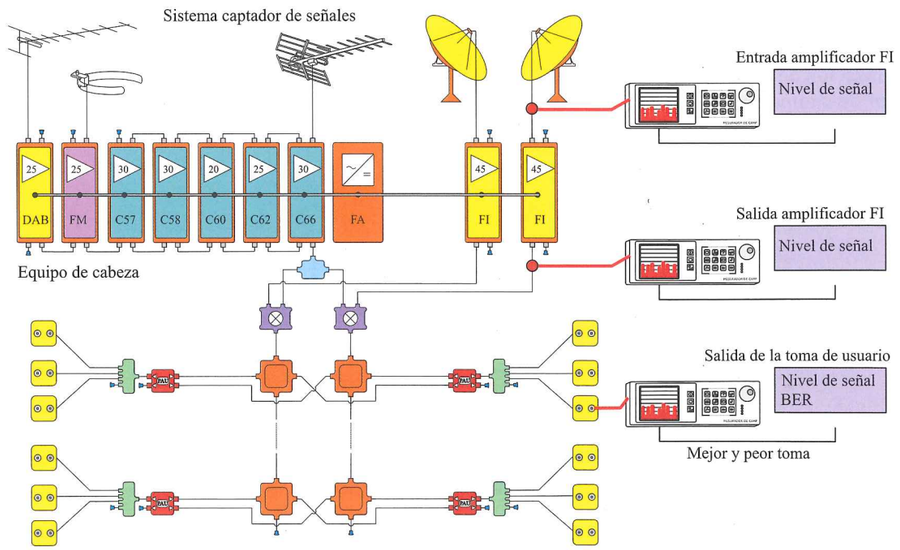


Figura 5.58. *Medidas mínimas del protocolo de pruebas.*

ELECTRICIDAD-ELECTR

Recuerda:

Algunos medidores de campo disponen de una función de autoidentificación de la señal, 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. Para utilizar este modo, la señal recibida debe ser lo suficientemente elevada, por lo que en ocasiones es necesario realizar una configuración manual, donde los parámetros a configurar dependerán del tipo de canal

5.8.3. Simulador de frecuencia intermedia

Un **simulador de frecuencia intermedia** (Figura 5.59) es un dispositivo que genera señales de radiofrecuencia de la banda de FI, de manera que es posible comprobar el buen funcionamiento de una instalación antes de tener operativa la antena y el equipo de cabecera.

Un simulador de FI típico genera tres tonos de frecuencias típicas, 960 MHz, 1.550 MHz y 2.140 MHz, permitiendo comprobar el funcionamiento de la instalación. En función de los resultados observados se toman las medidas adecuadas.

Las principales funciones de estos dispositivos son:

- La certificación de instalaciones.
- La localización de averías. Siguiendo la señal con el medidor de campo se puede detectar dónde se encuentra el problema de una instalación.

Figura 5.59. *Simulador de FI.*

La Figura 5.60 muestra un ejemplo típico de utilización de un simulador de FI. Mediante la generación de los tres tonos de prueba, se puede comprobar la calidad de la instalación sin necesidad de tener operativo el equipo de cabeza de la instalación.

Las señales generadas se transmiten por la red de distribución de la instalación y pueden ser medidas con la ayuda de un medidor de campo para su análisis espectral.

Sabías que...

Solo cuando no existan sistemas de captación de señales de radiodifusión y televisión por satélite, se determinará con ayuda de un simulador de FI u otro dispositivo equivalente, los niveles de señal en la mejor y peor toma de cada ramal para tres frecuencias significativas en la banda.

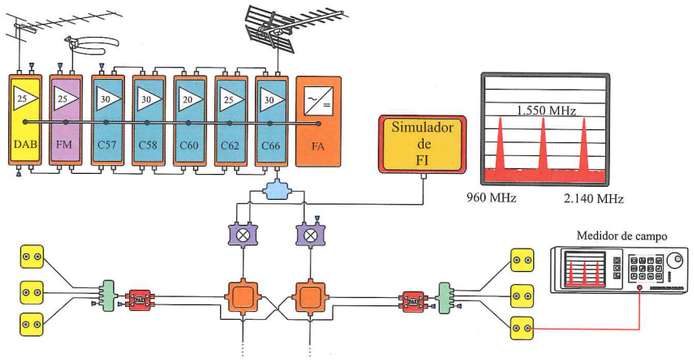


Figura 5.60. *Utilización del simulador de FI.*

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

Resumen

La principal banda dedicada a los servicios de radiodifusión satélite es la **banda Ku**. Esta banda se divide en otras dos bandas: la **banda alta** y la **banda baja** satélite. Para aumentar el número de canales que se pueden transmitir por cada una de las bandas satélite se recurre a la **polarización** (vertical y horizontal)

El satélite de comunicaciones queda definido por su **posición orbital** y el **PIRE del satélite**, que permite definir los **mapas de cobertura**.

La estación receptora satélite está formada por la **antena**, la **unidad externa** (LNB) y la **unidad interior**. Las principales antenas utilizadas son las de **foco centrado** y las de **tipo offset**.

El **LNB** selecciona la polaridad del satélite y convierte la señal satélite a una frecuencia intermedia de FI de 950-2.150 MHz. Existen diferentes tipos de LNB: simple, de banda ancha, de doble polaridad, universal, etc. La selección de la banda y la polaridad se realizan mediante la alimentación del LNB (13 V para la polaridad vertical y 18 V para la polaridad horizontal) y un tono de 22 kHz para la selección de la banda. La selección también puede realizarse mediante comandos DiSEqC.

La unidad interior puede ser un receptor individual o un equipo de cabecera en el caso de instalaciones colectivas.

Los parámetros para orientar una parábola fija son la **elevación**, el **azimut** y el **ángulo de polarización**.

Existen diferentes sistemas de distribución de la señal de TV satélite: FI, repartidores conmutables, procesadores FI-FI, transmoduladores de canales digitales o una combinación de estos (distribución mixta).

Una instalación compatible con la **ICT** distribuye en FI dos polaridades y/o bandas de dos satélites diferentes mediante la distribución de dos ramales de bajada hasta la instalación interior de usuario. En la vivienda del usuario se instala el dispositivo que permite seleccionar (PAU) la señal de uno de los cables de bajada.

La **medida de la calidad** de la señal satélite de una instalación se realiza con el medidor de campo, con la ayuda de un **simulador de FI** si la instalación no está operativa.

Actividades de comprobación

5.1. ¿Qué margen de frecuencia cubre la banda Ku satélite?

a) 12,75-14,70 GHz.
b) 10,7-12,75 GHz.
c) 950-2.150 MHz.
d) 470-862 MHz.

5.2. ¿Qué distancia aproximada podemos suponer entre un satélite y una ciudad de nuestro país?

a) 30.000 km.
b) 3.000 km.
c) 38.000 km.
d) 36.000 km.

5.3. ¿Cómo se denomina el elemento que en el satélite recibe la señal enviada desde la Tierra, la amplifica y la retransmite de nuevo hacia la Tierra?

a) LNB.
b) Transpondedor.
c) Conversor.
d) Regenerador.

5.4. ¿Qué elemento se utiliza para el ajuste de la orientación de un reflector parabólico?

a) El inclinómetro para la elevación.
b) La brújula para el ángulo de polarización.
c) El inclinómetro para el azimut.
d) La brújula para la elevación.

5.5. ¿Qué elemento del equipo de cabeza satélite distribuye la señal de salida en la banda terrestre?

a) Amplificador de FI.
b) Repartidor conmutable.
c) Procesador FI-FI.
d) Transmodulador QPSK-COFDM.

5.6. ¿Para qué sirve el tono de conmutación de 22 kHz en un LNB?

a) Para alimentar al LNB.
b) Para cambiar la banda de recepción.
c) Para modificar la polaridad del LNB.
d) Ninguna de las respuestas anteriores es cierta.

5.7. ¿Qué margen de frecuencias comprende la banda de FI satélite?

a) 470-862 MHz.
b) 5-2.150 MHz.
c) 950-2.150 MHz.
d) 10-12 GHz.

5.8. Se desea recibir un transpondedor que emite a la frecuencia de 11.627 MHz. Si se utiliza un LNB con una frecuencia de oscilador local de 9,75 GHz, ¿qué frecuencia recibe el receptor satélite del usuario?

a) 1.877 MHz.
b) 21.377 MHz.
c) 950 MHz.
d) 1.525 MHz.

5.9. Un LNB tiene una figura de ruido (F_{LNB}) de 0,7 dB, ¿qué temperatura de ruido (T_{LNB}) tiene este dispositivo?

a) 290 K.
b) 50,7 K.
c) 70 K.
d) 2.500 K.

5.10. ¿Qué ancho de banda típico tiene un canal satélite digital?

a) 8 MHz.
b) 27 MHz.
c) 32 MHz.
d) 50 MHz.

5.11. ¿Cómo se denomina también a la unidad externa?

a) Reflector parabólico.
b) LNB.
c) Receptor satélite.
d) Procesador RF.

5.12. ¿Cuántos programas contiene un transpondedor satélite digital?

a) 1.
b) 2.
c) 4.
d) Depende de la calidad deseada.

© Ediciones Paraninfo

5.13. ¿Cómo se selecciona la polaridad y la banda de un LNB universal?

a) La banda mediante un tono de 22 kHz y la polaridad mediante la tensión de alimentación aplicada.
b) La polaridad mediante un tono de 22 kHz y la banda mediante la tensión de alimentación aplicada.
c) Tanto la banda como la polaridad se seleccionan mediante tonos de frecuencia.
d) Tanto la banda como la polaridad se seleccionan modificando el valor de la tensión de alimentación.

5.14. ¿Cómo se denomina el sistema que permite conmutar las bandas y polaridades de un satélite?

a) QPSK.
b) DiSEqC.
c) Mediaguard.
d) FI.

5.15. ¿Qué nivel de señal en las tomas de usuario especifica la normativa para la señal de TV satélite?

a) 47-77 dBμV.
b) 57-80 dBμV.
c) 40-70 dBμV.
d) 33-77 dBμV.

5.16. ¿De qué depende fundamentalmente la *C/N* en la toma de usuario?

a) Del nivel de salida del amplificador utilizado.
b) Del nivel de señal que se recibe y de la ganancia de la antena utilizada.
c) De las pérdidas de la red de distribución.
d) Del receptor satélite utilizado.

5.17. En el caso de que una instalación colectiva satélite este completamente operativa, en el momento de comprobar el nivel de señal en la toma de usuario, ¿qué dispositivo es el encargado de alimentar el LNB de la instalación?

a) Receptor satélite.
b) Medidor de campo.
c) Amplificador de FI.
d) Este dispositivo no necesita alimentación.

5.18. ¿Qué dispositivo genera señales de radiofrecuencia de la banda de FI para comprobar el buen funcionamiento de una instalación antes de tener operativa las antenas y el equipo de cabecera?

a) Transmodulador QPSK/COFDM.
b) Simulador de FI.
c) Medidor de campo.
d) Generador de baja frecuencia.

5.19. ¿Cuántas bandas y/o polaridades de satélite se distribuyen en una instalación de ICT?

a) 1.
b) 2.
c) 3.
d) 4.

5.20. ¿Qué sistema de distribución satélite se utiliza en una ICT?

a) Distribución en FI.
b) Distribución mediante transmoduladores digitales.
c) Distribución mediante procesadores FI-FI.
d) Distribución por repartidores conmutables.

Actividades de aplicación

5.1. **Recopilación de información.** Recopila la siguiente información que te será útil para la planificación e instalación de un sistema de recepción de la señal satélite:

a) Programas, idioma, frecuencia, polarización y codificación de alguno de los satélites más importantes de tu región.
b) Longitud, latitud y declinación magnética de tu ciudad.
c) Huellas de cobertura de los satélites más importantes de tu región.

© Ediciones Paraninfo

5.2. Análisis de documentación técnica. A partir de los catálogos técnico-comerciales disponibles en el aula-taller, identifica los diferentes tipos y las principales características de los siguientes elementos que forman parte de un sistema de recepción de la señal satélite:

a) **Sistema captador:** antenas, elementos mecánicos, unidad exterior…

b) **Equipo de cabeza:** amplificador de FI, procesadores FI-FI, transmoduladores…

c) **Red de distribución:** derivadores, repartidores…

5.3. Instalación individual satélite. La Figura 5.61 muestra una instalación individual junto a las características de los componentes utilizados. Justifica la respuesta a las siguientes cuestiones:

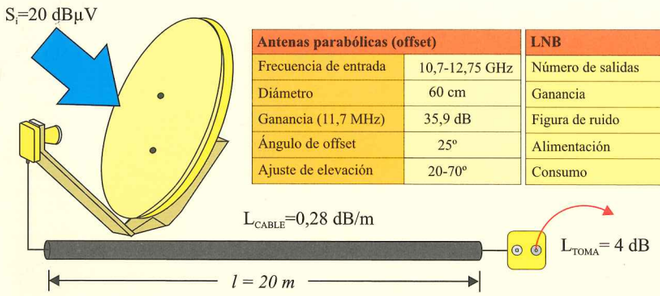
a) ¿Qué tipo de antena satélite se utiliza? ¿Qué ventaja presenta la utilización de este tipo de antena utilizada frente a otras antenas?

b) Calcula el nivel de señal que se recibe en la toma de usuario.

c) Justifica si es necesario utilizar un amplificador de FI en la instalación individual, comprobando si el nivel de señal en la toma de usuario cumple con la normativa de la ICT.

d) Si queremos orientar la antena a otro satélite, sabiendo que a partir del mapa de cobertura en la zona de instalación el PIRE es de 52 dBw, calcula el nivel de señal aproximado que se obtiene en la toma de usuario.

e) Justifica en ambos casos la C/N_o en la toma de usuario.



Antenas parabólicas (offset)		LNB	
Frecuencia de entrada	10,7-12,75 GHz	Número de salidas	1
Diámetro	60 cm	Ganancia	60 dB
Ganancia (11,7 MHz)	35,9 dB	Figura de ruido	0,3 dB
Ángulo de offset	25º	Alimentación	12-30 V CC
Ajuste de elevación	20-70º	Consumo	150 mA

Figura 5.61. *Instalación individual.*

5.4. Diseño de una instalación individual. En una instalación individual, debido a que las pérdidas de la red de distribución son pequeñas, no es necesario utilizar un amplificador de FI. Busca en catálogos comerciales información sobre los componentes utilizados en la instalación, anotando los parámetros más importantes que identifican a cada uno de los componentes. Como referencia puedes utilizar el esquema de la Figura 5.61. Para tu lugar de residencia y previa elección de un satélite a recibir, calcula los ajustes de orientación a realizar y justifica si la señal teórica a la salida de la toma de usuario es adecuada.

5.5. Orientación de un reflector parabólico. La Figura 5.62 muestra los resultados de una herramienta para el cálculo de los parámetros de orientación de un reflector parabólico al satélite ASTRA en la ciudad de Girona. El reflector parabólico utilizado es el de 600 mm de diámetro de la Figura 5.13. Calcula:

a) ¿Cuál es la medida de la brújula para orientar el reflector al satélite deseado? Para el cálculo aplica la corrección por la declinación magnética de la ciudad de Girona.

b) ¿Cuál debe ser la medida del inclinómetro para orientar correctamente la antena?

c) ¿Cuál es el ángulo de polarización que se debe aplicar al LNB? ¿Por qué es importante ajustar de manera correcta este ángulo?

d) Normalmente, la orientación de la antena necesita de un ajuste final. Resume cómo realizarías el ajuste fino para recibir de manera correcta la señal satélite.

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

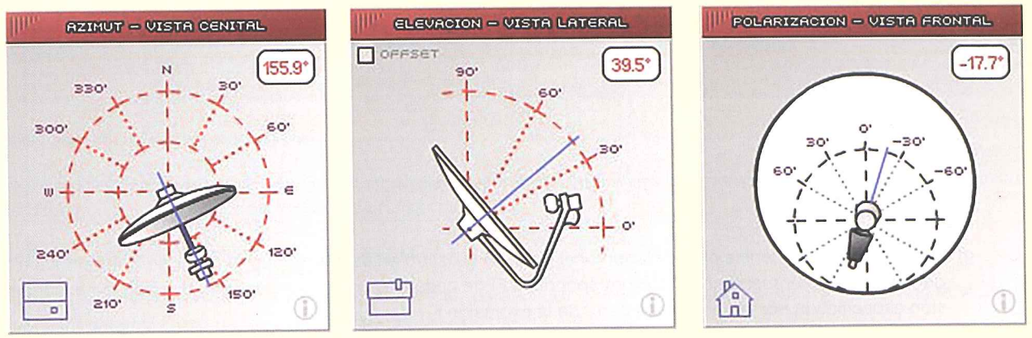


Figura 5.62. *Resultado de los parámetros de orientación de un reflector satélite.*

5.6. Búsqueda de información en la red. Busca información en la red sobre el operador Canal+:

a) Comprueba si el operador emite su programación por los satélites ASTRA 1C-1H/2C e Hispasat 1C/1D.

b) Para cada satélite, busca el primer transpondedor (menor frecuencia) del satélite que emita la programación y el último (mayor frecuencia), indicando la frecuencia de cada transpondedor y la polaridad en que emite el operador. Completa la Tabla 5.8.

c) A la vista del resultado anterior:

— ¿En qué polaridad (H o V) se emite su programación?

— ¿En qué banda (alta o baja) emite su programación?

— Justifica si la programación de este operador se puede distribuir por la red de distribución utilizando un solo cable, es decir, con un LNB simple.

Tabla 5.8. Emisiones de Canal+.

Satélite	Transpondedor	Frecuencia	Polaridad
ASTRA	Primer transpondedor		
	Último transpondedor		
Hispasat	Primer transpondedor		
	Último transpondedor		

5.7. Orientación de un reflector parabólico. Para el satélite deseado y tu lugar de residencia, realiza los cálculos necesarios para orientar el reflector parabólico. A continuación, realiza los apartados siguientes:

a) Calcula la elevación, el azimut y ángulo de polarización donde orientarás la antena.

b) Con ayuda de la brújula y el inclinómetro orienta la antena hacia el satélite.

c) Conecta el medidor de campo a la antena y configura la alimentación del LNB a través del propio medidor de campo. Los parámetros de alimentación dependerán del tipo de LNB y de la polaridad y banda deseada.

d) Si es necesario, ayúdate del medidor para la correcta orientación del reflector, hasta que se observe la correcta recepción de los canales.

e) Con el medidor de campo en modo espectro, visualiza la banda de FI, identificando los diferentes transpondedores que emite el satélite.

f) Configura el medidor para la correcta medida de los canales deseados. Para cada canal completa la Tabla 5.9.

Tabla 5.9 Medidas realizadas en los canales satélites.

Nombre de emisión	Frecuencia FI	Ancho de banda	Nivel de señal	Relación C/N	BER

g) Comprueba la frecuencia del oscilador local del LNB utilizado en esta actividad. A partir de la información obtenida del operador comprueba cómo se corresponde la FI de cada uno de los canales recibidos con la frecuencia de emisión especificada por el operador, a partir de la expresión $f_{FI} = f_i - f_{OL}$.

5.8. **Protocolo de pruebas.** Para la instalación de prueba de la ICT del aula-taller, realiza las medidas necesarias y completa el apartado correspondiente del protocolo de pruebas de la instalación. Justifica si la instalación cumple con los requisitos establecidos en la normativa.

5.9. **Análisis de una instalación.** La Figura 5.63 muestra una instalación de distribución de la señal satélite. A partir de las características de los componentes utilizados en el libro o seleccionados a partir de un catálogo, realiza las siguientes apartados para la banda de FI:

a) Calcula las pérdidas de la red. Identifica la toma más favorable y la más desfavorable.

b) Calcula el nivel de señal a que se debe ajustar el amplificador de FI para compensar las pérdidas de la red. Justifica el nivel de señal obtenido en las tomas de usuario.

c) Realiza la selección del satélite a recibir en la instalación y las polaridades y bandas deseadas. Selecciona un LNB adecuado.

d) Calcula la ganancia de la antena requerida para que en la toma de usuario el nivel de calidad sea adecuado.

e) Calcula la ganancia que requiere el amplificador de FI.

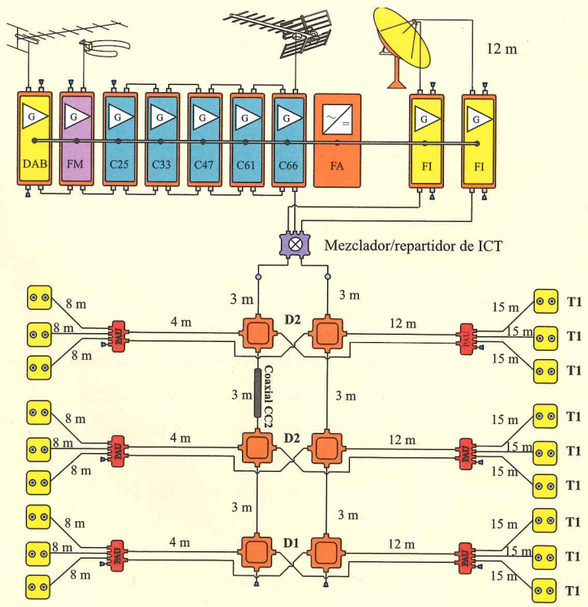


Figura 5.63. *ICT.*

© Ediciones Paraninfo

Actividades de ampliación

5.1. ¿Qué es una órbita geoestacionaria?

5.2. Todos los satélites comerciales emiten a la misma frecuencia (10,7-12,75 MHz). ¿Por qué no se interfieren las emisiones de cada uno de los satélites en el punto de recepción?

5.3. Identifica el sistema de encriptación que utiliza Canal+.

5.4. ¿De qué factores depende la ganancia de un reflector parabólico? A igualdad de condiciones, ¿qué tipo de reflector tiene mayor ganancia, uno de foco centrado o uno de tipo offset? ¿Por qué?

5.5. ¿Qué características deben reunir los componentes de distribución de una instalación individual o colectiva por distribución en FI?

5.6. Resume los pasos necesarios para instalar y orientar una parabólica al satélite deseado.

5.7. ¿Cómo se seleccionan las diferentes polaridades y bandas en un LNB universal?

5.8. Respecto del LNB de un sistema de recepción de la señal de TV satélite:

a) Indica la función que realiza en la instalación.

b) Dibuja de manera aproximada el diagrama de bloques de un LNB simple indicando el nombre de cada etapa.

5.9. Enumera las principales ventajas e inconvenientes de los siguientes sistemas de distribución:

a) Sistema de distribución en FI.

b) Sistema de distribución mediante repartidores conmutables.

c) Transmodulación QPSK-QAM.

d) Transmodulación QPSK-COFDM.

e) Procesadores FI-FI.

5.10. ¿Qué es un transmodulador? ¿Qué tipos diferentes existen?

5.11. La Figura 5.64.a muestra un esquema de principios de un sistema de distribución satélite mixto donde se utilizan diferentes métodos para recibir la señal de TV satélite. El objetivo de esta instalación es distribuir mediante un solo cable de bajada la señal de una de las polaridades del satélite, junto con los canales seleccionados de la segunda polaridad del mismo satélite. Justifica la respuesta de las cuestiones siguientes:

a) ¿Cuántas polaridades del mismo satélite se reciben?

b) ¿Qué tipo de LNB se utiliza en la instalación para poder distribuir al equipo de cabeza dos señales de FI del mismo satélite?

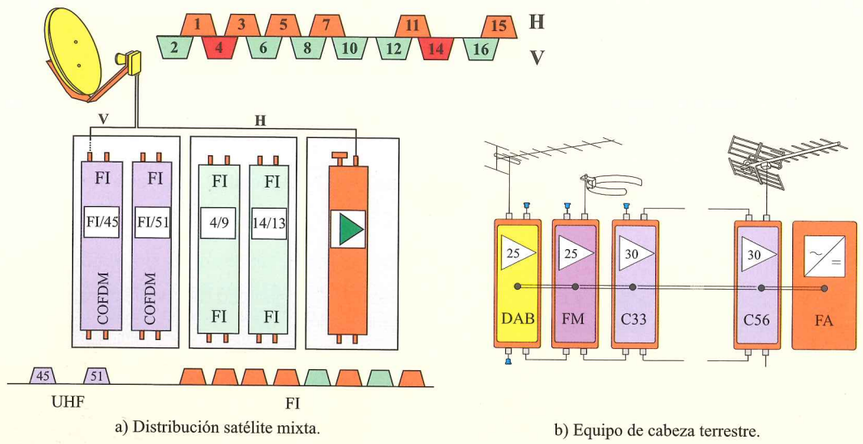
c) Justifica el tipo de señal que suministran cada una de las unidades internas que forman el equipo de cabeza satélite, así como las características de los elementos utilizados en cada caso.

d) ¿Por qué es necesario utilizar un amplificador a la salida del equipo de cabeza satélite?

e) Justifica para cada tipo de canal que suministra la cabecera satélite, si es necesario utilizar un receptor satélite para ver el contenido de los canales distribuidos por la red.

f) En la Figura 5.64.b se muestra el equipo de cabeza terrestre de la instalación. ¿Cómo distribuirías por el mismo cable coaxial la señal de los dos equipos de cabeza?

g) Busca en un catálogo comercial los componentes necesarios para realizar la instalación del equipo de cabeza satélite y modifica el esquema de principios mostrado por el esquema eléctrico equivalente.



a) Distribución satélite mixta.

b) Equipo de cabeza terrestre.

Figura 5.64. *Sistema de distribución mixto.*

5.12. Calcula los parámetros de orientación de un reflector de foco centrado, para recibir el satélite ASTRA en la ciudad de Castellón. Repite para el caso del satélite Hispasat.

5.13. Una vez ajustado correctamente el reflector parabólico en elevación, azimut y polarización para recibir un satélite determinado, se gira el LNB 90° tal y como se muestra en la Figura 5.65. ¿Qué crees que sucedería en la señal distribuida?

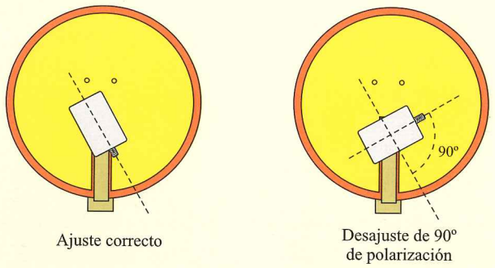


Figura 5.65. *Desajuste del ángulo de polarización.*

5.14. La Figura 5.66 muestra la instalación del sistema captador y el equipo de cabeza de una instalación de ICT que no incorpora los elementos para la captación y adecuación de la señal satélite. Si se desea incorporar en la instalación la señal satélite, justifica la respuesta de las siguientes cuestiones:

a) Número de antenas y tipo de LNB necesarios para distribuir la señal de Digital+ y la señal de los canales libres del satélite Hot Bird.

b) Tipo de amplificador necesario para distribuir la señal de TV satélite.

c) ¿Qué función realiza en la instalación el conjunto repartidor-dos mezcladores señalado en la figura?

d) ¿Es necesario realizar alguna modificación en el equipo de cabeza de la red que distribuye la señal de TV terrestre para mezclar la señal terrestre y satélite?

e) ¿Es necesario realizar alguna modificación en la red?

© Ediciones Paraninfo

© Ediciones Paraninfo

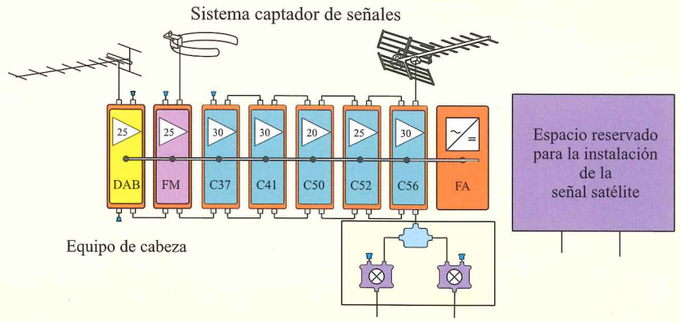
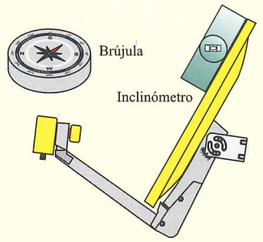


Figura 5.66. *Distribución de la señal de TV satélite en una ICT.*

5.15. La comunidad de vecinos de un edificio quiere recibir los canales que emite el satélite ASTRA para recibir la señal del operador Canal+. La antena que se utilizará es la de la Figura 5.67. Completa para una instalación satélite situada en la ciudad de Madrid los datos de la Tabla 5.10. Se recomienda la utilización de una herramienta informática.

Antena parabólica (offset)	
Frecuencia de entrada	10,7-12,75 GHz
Diámetro	60 cm
Ganancia (11,7 MHz)	39,5 dB
Ángulo de offset	25°
Ajuste de elevación	10-80°

a) Características técnicas.



b) Procedimiento de ajuste.

Figura 5.67. *Antena de tipo offset.*

Tabla 5.10. Parámetros de orientación del satélite ASTRA en Madrid.

Satélite ASTRA	Posición orbital	
Emplazamiento geográfico de la antena receptora	Latitud	
	Longitud	
Elevación	Elevación (E)	
	Corrección elevación por offset (O)	
	Elevación real que hay que aplicar ($E' = E - O$)	
	Medida del inclinómetro (H)	
Azimut	Azimut	
	Corrección azimut debido a la declinación magnética	
	Medida de la brújula	
Ángulo de polarización		

5.16. ¿Qué es un simulador de FI? ¿Qué utilidad tiene?

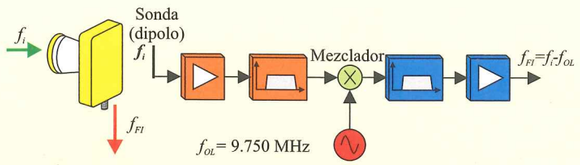
5.17. La Figura 5.68 muestra el diagrama de bloques de un LNB. Contesta a las cuestiones siguientes:

a) ¿Qué tipo de LNB se trata?

b) La Tabla de la Figura 5.67 muestra tres frecuencias de entrada, ¿a qué banda satélite pertenecen, la alta o la baja?

c) Para cada una de las frecuencias, indica a qué frecuencia de FI se sitúa y si se distribuirán a la salida del LNB.

d) Extrae conclusiones del resultado del apartado anterior.



Señal de entrada (f_i)	Señal de salida (f_{FI})
10,743 GHz	
11,811 GHz	
11,950 GHz	

Figura 5.68. *Diagrama de bloques de un LNB.*

Enlaces web

Hispasat. Operador español de satélites de comunicaciones, líder en la distribución de contenidos en español y portugués.
http://www.hispasat.com/

ASTRA. Uno de los principales operadores de satélites del mundo.
http://www.ses-astra.com

Lyngsat. Página web con información sobre los diferentes satélites.
http://www.lyngsat.com/

Consulta de la programación del satélite Hispasat.
http://www.lyngsat.com/hispa.html

Consulta de la programación del satélite ASTRA.
http://www.lyngsat.com/astra19.html

Diesl. Página web con información variada en TV satélite y digital.
http://www.diesl.com/

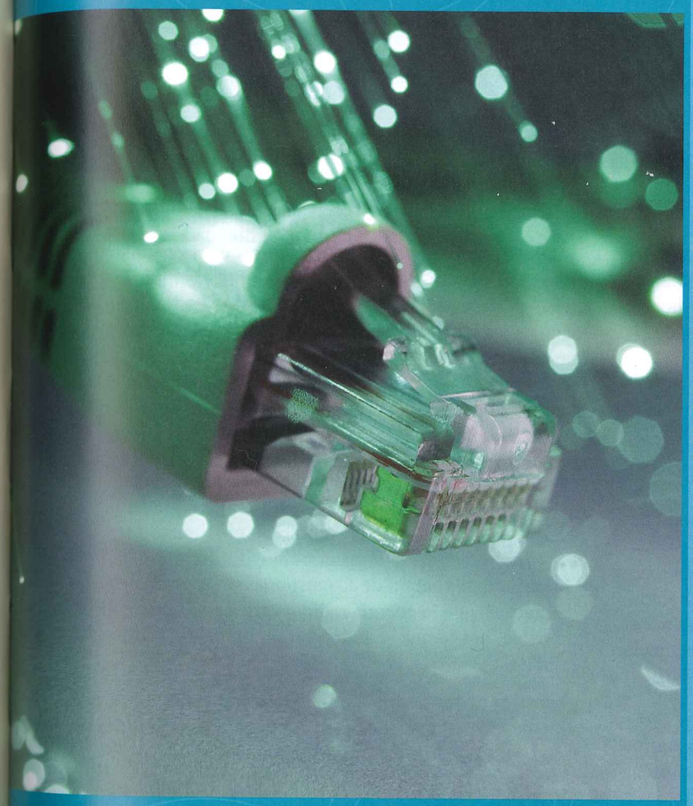
Herramienta *online* para el cálculo de los parámetros de orientación de la antena satélite.
http://www.diesl.com/azimut/

Teledigital. Página web con información de TV terrestre, TV satélite y tecnología relacionada con la distribución de la señal de TV.
http://www.teledigital.es/

© Ediciones Paraninfo

Comunicaciones de banda ancha

6



Los operadores de telecomunicación proporcionan a los usuarios el acceso a los servicios de telefonía disponible al público (STDP) y a los servicios de telecomunicaciones de banda (STBA) ancha prestados a través de redes públicas de comunicaciones.

El enlace entre las redes de alimentación de los operadores de telecomunicación se realiza normalmente mediante cable, uniendo las centrales o nodos de comunicaciones con la edificación. La red de acceso del edificio a estos servicios también se realiza mediante cable, utilizando como medios de transmisión cables de pares, cables de pares tranzados, cables coaxiales o cables de fibra óptica.

Contenidos

- 6.1. Servicios de banda ancha
- 6.2. El cable coaxial
- 6.3. Cables de pares
- 6.4. Cable de pares trenzados
- 6.5. Fibra óptica
- 6.6. Normas básicas de instalación

Objetivos

- Identificar los elementos y las características de las redes cableadas.
- Determinar los elementos de conexión utilizados según el tipo de red.
- Seleccionar los equipos y elementos (cableados, canalizaciones y distribuidores, entre otros) de cada subsistema.
- Determinar los elementos que constituyen los sistemas de comunicaciones.
- Determinar los elementos de conexión en los puntos de distribución final.
- Identificar las especificaciones técnicas mínimas de los edificios en materia de telecomunicaciones.
- Configurar infraestructuras de redes de voz y datos con cableado estructurado, analizando las características de las redes y elaborando esquemas.