

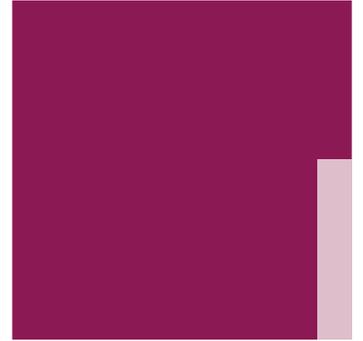
APÉNDICES



- I. Aspectos prácticos de las ICT para promotores inmobiliarios y constructores
- II. Las infraestructuras comunes de telecomunicaciones de Telefónica (ICT-T)
- III. Canal Online del Hogar Digital: Área Domótica de PáginasAmarillas.es
- IV. Descripción de las tecnologías para las redes domesticas

Apéndice I.

Aspectos prácticos de las ICT para promotores inmobiliarios y constructores



Los promotores y constructores, como piezas clave en el despegue del Hogar Digital mediante el aprovechamiento de la oportunidad que ofrece la ICT, deben conocer los aspectos de la ley que más les afecta a ellos. A continuación se describen algunos puntos:

□ ¿Qué edificaciones están sujetas a presentar un proyecto de ICT?

- Edificios nuevos, posteriores al 10 de marzo de 1999.
- Edificios en los que al menos 1/3 de los vecinos requieran la infraestructura.

En general, en todas aquellas promociones de más de una vivienda, rehabilitadas o de nueva construcción, que se acojan a la Ley de Propiedad Horizontal.

□ ¿Qué debe contener un proyecto ICT y quién debe firmarlo?

Debe estar firmado por un técnico titulado competente en la materia (ingeniero o ingeniero técnico de telecomunicaciones) y visado por el colegio profesional correspondiente. Debe incluir los siguientes documentos:

- Memoria.
- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.

□ ¿Dónde y cuándo se debe presentar el proyecto técnico de ICT?

- Al AYUNTAMIENTO, junto con el proyecto arquitectónico, para la obtención de la licencia de edificación.
- A la JEFATURA PROVINCIAL DE INSPECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES (JPIT), en soporte informático, para que pueda revisar la instalación cuando lo considere oportuno. Las JPIT son las responsables del cumplimiento de la legislación sobre proyectos de ICT.

- Al PROMOTOR, durante la fase de construcción.
- A la COMUNIDAD DEL EDIFICIO, cuando ésta se haya constituido.
- ¿Quién presenta el proyecto de ICT a la JPIT?
 - El promotor.
 - El promotor con firma por delegación.
 - El proyectista.
- ¿Qué actuaciones realiza la JPIT cuando recibe un proyecto ICT?
 - Apertura de un expediente interno.
 - Revisión de la firma del proyectista y del visado del colegio (con posibilidad de devolución).
 - Revisión de contenidos del proyecto técnico.
- ¿Cuándo es necesario presentar un proyecto técnico modificado?

Cuando en un edificio no terminado se realizan modificaciones importantes, como:

 - Incorporación de nuevos servicios de telecomunicaciones no contemplados en el proyecto original.
 - Variación del ± 12 % de PAUs.
 - Si al incorporar nuevos canales de TV se supera el 3 % del ancho de banda de cualquiera de los cables de la red de distribución.
 - Cuando se modifique el número de recintos de instalaciones de telecomunicación en la ICT proyectada.
 - Ver Orden Ministerial del 14 de Mayo de 2003 (Artículo 2).
- ¿Cómo sabe el ayuntamiento que el proyecto ICT es conforme a la Legislación vigente?
 - Comprobando que el proyecto está visado por el Colegio Profesional de Ingenieros de Telecomunicación o el Colegio Profesional de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación.
 - Teniendo constancia (mediante la recepción del acuse de recibo, aspecto este que se recomienda) de que el proyecto se ha presentado a la JPIT.
 - No recibir ninguna notificación de la JPIT respecto a que el proyecto ICT en cuestión presente defectos mayores.
- ¿Quién debe realizar la instalación de ICT?



Un instalador inscrito en el registro de instaladores de telecomunicación, tipo A, de la Secretaría General de Comunicaciones.

- ¿Cómo se justifica que se ha finalizado correctamente la instalación de la ICT?

Presentando en la JPIT un certificado expedido por el proyectista, acompañando al boletín de instalaciones y protocolo de pruebas, según modelos normalizados, expedidos por el instalador de ICT, o presentando dicho boletín y protocolo según las características del edificio y de la instalación.

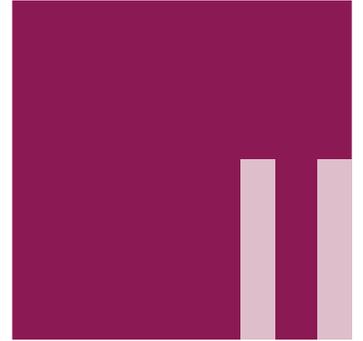
- Para expedir la cédula de habitabilidad...

... el organismo competente puede pedir el certificado expedido por la JPIT, en el que se hace constar que se ha presentado el correspondiente proyecto técnico de ICT (acorde a las normas) y el certificado o boletín de instalación y protocolo de pruebas según proceda.

- ¿Quién es el propietario de la ICT tras la venta del edificio?

La comunidad de vecinos, ya que la ICT en un edificio de nueva construcción es un bien común, al igual que el resto de los servicios del edificio.

Apéndice II. Las infraestructuras comunes de telecomunicaciones de Telefónica (ICT-T)



En este apéndice se presentan las propuestas de Telefónica para las infraestructuras comunes de telecomunicaciones (ICT-T) en el interior de los edificios, planteadas con el fin de garantizar la posibilidad de acceso a los servicios ofrecidos en el marco del Hogar Digital al cliente final.

Estas propuestas parten del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, ampliando las infraestructuras comunes de telecomunicaciones reguladas en el mismo para adaptarlas a los servicios del Hogar Digital y cumpliendo, en todo caso, los mínimos que aparecen en dicho Real Decreto.

Las propuestas de Telefónica se refieren únicamente a los anexos II y IV del Real Decreto (Anexo II: Norma Técnica de infraestructura común de telecomunicaciones para el acceso al servicio de telefonía disponible al público. Anexo IV: Especificaciones técnicas mínimas de las edificaciones en materia de telecomunicaciones), por lo que sólo aparecen estos en el presente apéndice como ICT-T, manteniendo cada anexo el nombre y la estructura con los que aparecen en el Real Decreto antes mencionado y añadiendo las siglas ICT-T. El resto de anexos y disposiciones de dicho Real Decreto no se amplían y se deberán cumplir tal y como aparecen en el mismo.

ANEXO II. NORMA TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES PARA EL ACCESO AL SERVICIO DE TELEFONÍA DISPONIBLE AL PÚBLICO

1 OBJETO

El objeto de la presente norma técnica es establecer las características técnicas que deberá cumplir la Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT-T) para permitir el acceso al servicio de telefonía disponible al público.

La presente norma deberá ser utilizada de manera conjunta con las Especificaciones Técnicas Mínimas de la Edificación en materia de Telecomunicaciones (Anexo IV), o con la Norma Técnica Básica de la Edificación en materia de Telecomunicaciones que las incluya, que establece los requisitos que deben cumplir las canalizaciones, recintos y elementos complementarios destinados a albergar la infraestructura común de telecomunicaciones.

Esta disposición ha sido sometida al procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos, relativos a los servicios de la sociedad de la información, previsto en la Directiva 98/34/CE del parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, así como en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, que incorpora estas directivas al ordenamiento jurídico español.

2 DEFINICIÓN DE LA RED

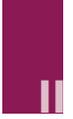
La red interior del edificio es el conjunto de conductores, elementos de conexión y equipos activos que es necesario instalar para establecer la conexión entre las BAT (Bases de Acceso de Terminal) y la red exterior de alimentación, a título ilustrativo se incluyen como **Figuras 1 y 2** los esquemas generales de una ICT-T completa y de la parte de la ICT-T que cubre el acceso al servicio de telefonía disponible al público.

Se divide en los siguientes tramos:

2.1 Red de alimentación

Existen dos posibilidades en función del método de enlace utilizado por los operadores entre sus centrales y el inmueble:

- a) Cuando el enlace se produce mediante cable: Se introduce en la ICT-T del inmueble a través de la arqueta de entrada y de la canalización externa hasta el registro de enlace, donde se encuentra el punto de entrada general, y de donde parte la canalización de enlace, hasta llegar al registro prin-



principal ubicado en el recinto de instalaciones de telecomunicación inferior (RITI), donde se ubica el punto de interconexión.

- b) Cuando el enlace se produce por medios radioeléctricos: Es la parte de la red formada por los elementos de captación de las señales emitidas por las centrales de los operadores, equipos de recepción y procesado de dichas señales y los cables necesarios para dejarlas disponibles para el servicio en el punto de interconexión del inmueble. Los elementos de captación irán situados en la cubierta o azotea del inmueble introduciéndose en la ICT-T del inmueble a través del correspondiente elemento pasamuros y la canalización de enlace hasta el recinto de instalaciones de telecomunicación superior (RITS), donde irán instalados los equipos de recepción y procesado de las señales captadas y de donde, a través de la canalización principal de la ICT-T, partirán los cables de unión con el RITI donde se encuentra el punto de interconexión ubicado en el registro principal.

El diseño y dimensionado de la red de alimentación así como su realización, serán responsabilidad de los Operadores del servicio.

2.2 Red de distribución

Es la parte de la red formada por los cables multipares y demás elementos que prolongan los pares de la red de alimentación, distribuyéndolos por el inmueble, dejando disponibles una cierta cantidad de ellos en varios puntos estratégicos, para poder dar el servicio a cada posible usuario.

Parte del punto de interconexión situado en el registro principal que se encuentra en el RITI y, a través de la canalización principal, enlaza con la red de dispersión en los puntos de distribución situados en los registros secundarios. La Red de Distribución es única, con independencia del número de Operadores que presten servicio en el inmueble.

Su diseño y realización será responsabilidad de la propiedad del inmueble.

2.3 Red de dispersión

Es la parte de la red, formada por el conjunto de pares individuales (cables de acometida interior) y demás elementos, que une la red de distribución con cada domicilio de usuario.

Parte de los puntos de distribución, situados en los registros secundarios (en ocasiones en el registro principal) y, a través de la canalización secundaria (en ocasiones a través de la principal y de la secundaria), enlaza con la red interior de usuario en los puntos de acceso al usuario situados en los registros de terminación de red para TB+RDSI.

Su diseño y realización será responsabilidad de la propiedad del inmueble.

2.4 Red interior de usuario

Es la parte de la red formada por los cables y demás elementos que transcurren por el interior de cada domicilio de usuario.

Comienza en los puntos de acceso al usuario y, a través de la canalización interior de usuario, finaliza

en las bases de acceso de terminal situadas en los registros de toma.

Su diseño y realización será responsabilidad de la propiedad del inmueble.

2.5 Elementos de conexión

Son los utilizados como puntos de unión o terminación de los tramos de red definidos anteriormente.

a) Punto de interconexión (Punto de terminación de red)

Realiza la unión entre las redes de alimentación de los Operadores del servicio y la de distribución de la ICT-T del inmueble, y delimita las responsabilidades en cuanto a mantenimiento entre el operador del servicio y la propiedad del inmueble.

Los pares de las redes de alimentación se terminan en unas regletas de conexión (regletas de entrada) independientes para cada Operador del servicio. Estas regletas de entrada serán instaladas por dichos Operadores. Los pares de la red de distribución se terminan en otras regletas de conexión (regletas de salida), que serán instaladas por la propiedad del inmueble. El número total de pares (para todos los operadores del servicio) de las regletas de entrada, será 1,5 veces el número de pares de las regletas de salida, salvo en el caso de edificios o conjuntos inmobiliarios con un número de PAU igual o menor que 10, en los que será, como mínimo, dos veces el número de pares de las regletas de salida. La unión entre ambas regletas se realiza mediante hilos-puente, tal y como se indica en la **Figura 3** de la presente norma.

b) Punto de distribución

Realiza la unión entre las redes de distribución y de dispersión (en ocasiones entre las de alimentación y de dispersión) de la ICT-T del inmueble.

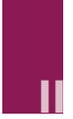
Está formado por regletas de conexión, en las cuales terminan por un lado los pares de la red de distribución y por otro los cables de acometida interior de la red de dispersión, tal y como se indica en la **Figura 4** de la presente norma.

c) Punto de acceso al usuario (PAU)

Realiza la unión entre la red de dispersión y la red interior de usuario de la ICT-T del inmueble. Permite la delimitación de responsabilidades en cuanto a la generación, localización y reparación de averías entre la propiedad del inmueble o la comunidad de propietarios y el usuario final del servicio. Se ubicará en el interior de cada domicilio de usuario. En lo relativo a sus características técnicas se ajustará a lo dispuesto en el Anexo I (Apartado 1.B) del Real Decreto 2304/1994 de 2 de diciembre y, previo acuerdo entre las partes, podrá ser suministrado por el operador del servicio. A efectos prácticos se instalará un Módem Router de ADSL para usuario.

d) Base de acceso terminal de telefonía básica (BATRj11) y de datos (BATRj 45)

Realizan, respectivamente, la unión entre la red interior de usuario para telefonía básica y cada uno de los terminales telefónicos, y la red de interior de usuario para datos y cada uno de sus terminales.



La base de acceso terminal será única y dispondrá de dos puntos de conexión (Rj11 y Rj45).

3 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO MÍNIMO DE LA RED

Toda la instalación de la red interior en un inmueble, objeto de la presente norma, para su conexión a la red general deberá ser diseñada y descrita en el apartado correspondiente del proyecto técnico, cuyas bases de diseño y cálculo se exponen en este apartado.

El dimensionado de las redes vendrá dado por el número máximo de pares y cables que se vayan a necesitar a largo plazo.

Las condiciones que se deben cumplir se indican en los apartados siguientes:

3.1 Previsión de la demanda

Para que la red interior sea capaz de atender la demanda telefónica a largo plazo del inmueble, se realizará una evaluación de las necesidades telefónicas de sus usuarios. Se aplicará para determinar el número de líneas necesarias, los valores siguientes:

a) Viviendas

2 líneas por vivienda

b) Locales comerciales u oficinas en edificaciones de viviendas.

1º) Si se conoce o se puede estimar el número de puestos de trabajo: 1 línea por cada puesto de trabajo.

2º) Si sólo se conoce la superficie de la oficina: 1 línea / 6 m² útiles, como mínimo. En estos 6 m² no se contabilizarán despachos individuales ni salas de reuniones, en cada uno de los cuales se estimarán las líneas necesarias independientemente de su superficie. El número mínimo de líneas a instalar será de 3.

c) Locales comerciales u oficinas en edificaciones destinadas fundamentalmente a este fin.

Cuando no esté definida la distribución y ocupación o actividad de la superficie se utilizará como base de diseño la consideración de 3 líneas por cada 100 m² o fracción.

En cualquiera de estos tres casos, los valores resultantes podrán incrementarse a criterio del proyectista, teniendo en cuenta un conjunto de características propias de cada caso, como son las siguientes: nivel socioeconómico del entorno del inmueble, clase de actividad predominante en la zona, expectativas más probables sobre el uso del inmueble, etc.

3.2 Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación

El diseño y dimensionado de esta parte de red, así como su instalación será siempre responsabilidad

del Operador del servicio de telefonía disponible al público. Cada operador facilitará el respaldo del servicio de la red de alimentación que considere oportuno.

3.3 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución (una vertical)

Conocida la necesidad futura a largo plazo, tanto por plantas como en el total del inmueble, o estimada dicha necesidad según lo indicado en el punto 3.1, se dimensionará la red de distribución con arreglo a los siguientes criterios:

- La cifra de demanda prevista se multiplicará por 1,4, lo que asegura una ocupación máxima de la red del 70% para prever posibles averías de algunos pares o alguna desviación por exceso en la demanda de líneas.
- Obtenido de esta forma el número teórico de pares se utilizará el cable normalizado de capacidad igual o superior a dicho valor, o combinaciones de varios cables, teniendo en cuenta que para una

Tabla 1

Nº pares (N)	Nº cables	Tipo de cable
25 < N ≤ 50	1	50 pares { 1 (50 p.) }
50 < N ≤ 75	1	75 pares { 1 (75 p.) }
75 < N ≤ 100	1	100 pares { 1 (100 p.) }
100 < N ≤ 125	2	1 (100 p.) + 1 (25 p.) ó 1 (75 p.) + 1 (50 p.)
125 < N ≤ 150	2	1 (100 p.) + 1 (50 p.) ó 2 (75 p.)
150 < N ≤ 175	2	1 (100 p.) + 1 (75 p.)
175 < N ≤ 200	2	2 (100 p.)
200 < N ≤ 225	3	2 (100 p.) + 1 (25 p.) ó 3 (75 p.)
225 < N ≤ 250	3	2 (100 p.) + 1 (50 p.) ó 1 (100 p.) + 2 (75 p.)
250 < N ≤ 275	3	2 (100 p.) + 1 (75 p.)
275 < N ≤ 300	3	3 (100 p.)

distribución racional el cable máximo será de 100 pares, debiendo utilizarse el menor número posible de cables de acuerdo con la [Tabla 1](#).

El dimensionado de la red de distribución, se proyectará con cable o cables multipares, cuyos pares estarán todos conectados en las regletas de salida del Punto de Interconexión.

Cuando un operador vaya a suministrar el servicio de telefonía disponible al público al inmueble, deberá instalar sus regletas de entrada en el registro principal y conectar en éstas los pares de su cable o cables de alimentación, y

establecerá el servicio a cada abonado con la realización de los puentes correspondientes entre sus regletas y las del Punto de Interconexión.

En el caso de edificios con una red de distribución inferior o igual a 30 pares, ésta podrá realizarse con cable de cuatro pares desde el punto de distribución instalado en el Registro Principal. De él saldrán estos cables de acometida interior que subirán por las plantas para acabar directamente en los PAU. En este caso, a efectos de diseño e instalación, se considerarán tan sólo dos pares útiles en cada cable de cuatro pares (es decir, habrá un cable de acometida de cuatro pares por vivienda, local u oficina).

Los puntos de distribución estarán formados por las regletas de conexión en cantidad suficiente para agotar con holgura toda la posible demanda de la planta correspondiente. El número de regletas se hallará calculando el cociente entero redondeado por exceso que resulte de dividir el total de pares del cable, o de los cables, de distribución por el número de plantas y por cinco o diez según el tipo de regleta a utilizar.



3.4 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución (varias verticales)

En inmuebles con varias verticales, o en los casos de infraestructuras que atiendan a varios edificios, el Punto de Interconexión será único. La red de cada vertical será tratada como una red de distribución independiente, diseñándose, por tanto, de acuerdo con lo indicado en el apartado anterior.

3.5 Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión

Se instalarán cables de acometida interior que cubran la demanda prevista, y se conectarán al correspondiente terminal de la regleta del punto de distribución. Dicha conexión se realizará correlativamente de arriba hacia abajo de acuerdo a una ordenación de viviendas. A efectos prácticos se instalará, como mínimo, un cable de acometida interior de 4 pares hasta cada PAU.

3.6 Dimensionamiento mínimo de la red interior de usuario

Los elementos necesarios para conformar la red privada de cada usuario. Para el caso de viviendas, el número de BAT será de una por cada estancia, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos. Para el caso de locales u oficinas, el número de BAT se fijará en el proyecto de la instalación en función de su superficie o distribución por estancias, con un mínimo de una por local u oficina.

Un cable de acometida interior de un par se conectará en todas las Bases de Acceso Terminal en el punto de conexión Rj11 de telefonía básica y se prolongará hasta el Punto de Acceso al Usuario (PAU) donde se conectará al punto correspondiente.

Un cable de acometida de 4 pares se conectará, de forma independiente en las Bases de Acceso Terminal en el punto de conexión Rj45 y se prolongará de forma individual hasta el Punto de Acceso al Usuario (PAU) (cableado en estrella) donde se finalizará en conectores hembra RJ45. Hasta 4 de estos cables se conectarán en los puntos correspondientes del Módem, mediante el uso de latiguillos.

4 PARTICULARIDADES DE LOS CONJUNTOS DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES

En el caso de conjuntos de viviendas unifamiliares, la red de alimentación llegará a través de la canalización necesaria, hasta el punto de interconexión situado en el Recinto de Instalación de Telecomunicaciones Único (RITU), donde terminará en las regletas de entrada.

La red de distribución será similar a la indicada para inmuebles de pisos, con la singularidad de que el recorrido vertical de los cables se transformará en horizontal, limitándose la capacidad máxima de los cables de distribución a 25 pares para los casos en que la canalización principal se construya subterránea. La **Figura 5** muestra un esquema general típico para conjuntos de viviendas unifamiliares. Los puntos de distribución podrán ubicarse en la medianería de dos viviendas, de manera alterna, de tal forma que, desde cada punto de distribución, se preste servicio a ambos.

Cuando el número de pares de la red de distribución sea igual o inferior a 30, se instalará un único punto de distribución en el RITU del que partirán los cables de acometida (a efectos prácticos un cable de 4 pares) a cada vivienda.

5 MATERIALES

5.1 Cables

Estarán formados por pares trenzados con conductores de cobre electrolítico puro de calibre no inferior a 0,51 mm de diámetro, aislado con una capa continua de polietileno coloreado según código de colores.

La cubierta de los cables multipares, empleados en la red de distribución, estará formada por una cinta de aluminio lisa y una capa continua de plástico de características ignífugas.

En el caso de viviendas unifamiliares, la red de distribución se considerará exterior y, por tanto, la cubierta estará formada por una cinta de aluminio-copolímero de etileno y una capa continua de polietileno colocada por extrusión para formar un conjunto totalmente estanco.

En la red de dispersión y en la red interior de usuario se utilizará cable cuya cubierta estará formada por una capa continua de plástico de características ignífugas. En el caso de viviendas unifamiliares la red de dispersión podría ser exterior; en esta circunstancia, la cubierta estará formada por una malla

de alambre de acero o por medio de una cinta del mismo material, colocada entre dos capas de plástico de características ignífugas.

Las capacidades y diámetros exteriores de los cables serán los que se indican en la [Tabla 2](#).

Tabla 2

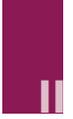
Nº de pares	Diámetro máximo (mm)
1	4
2	5
4	6,5
25	15
50	21
75	25
100	28

5.2 Regletas de conexión

Estarán constituidas por un bloque de material aislante provisto de un número variable de terminales. Cada uno de estos terminales tendrá un lado preparado para conectar los conductores de cable, y el otro lado estará dispuesto de tal forma que permita el conexionado de los cables de acometida o de los puentes.

El sistema de conexión será por desplazamiento de aislante, realizándose la conexión mediante herramienta especial en el Punto de Interconexión (que podrá coincidir con el punto de distribución en inmuebles con menos de 31 pares) o sin ella en los Puntos de Distribución.

En el Punto de Interconexión la capacidad de cada regleta será de 10 pares y en los Puntos de Distribución como máximo de 5 ó 10 pares. En el caso de que ambos puntos coincidan, la capacidad de la regleta podrá ser de 5 ó de 10 pares.



Las regletas de interconexión y de distribución estarán dotadas de la posibilidad de medir hacia ambos lados sin levantar las conexiones.

La resistencia a la corrosión de los elementos metálicos deberá ser tal que soporte las pruebas estipuladas en la Norma UNE 2050-2-11, equivalente a la Norma CEI 68-2-11.

5.3 Bases de acceso terminal de telefonía básica (BATRj11) y terminal de datos (BATRj45)

La BAT estará dotada de conector hembra tipo Bell de 6 vías, que cumpla lo especificado en el Real Decreto 1376/89, de 27 de octubre para telefonía básica, y de conector hembra de 8 vías que se cableará recto (sin cruce entre pines) con los pines 1, 2,3 y 6 conectados, para datos.

5.4 Punto de acceso al usuario (PAU)

Estará dotado de un Módem Router de ADSL para usuario

6 REQUISITOS ELÉCTRICOS

6.1 De los cables de un par

- ❑ La resistencia óhmica de los conductores a la temperatura de 20°C no será mayor de 93 Ω /km.
- ❑ La rigidez dieléctrica entre conductores no será inferior a 500 V_{cc} ni 350 $V_{ef\ ca}$
- ❑ La resistencia de aislamiento no será inferior a 8000 $M\Omega$ /km.
- ❑ La capacidad mutua de cualquier par no excederá de 56 nF/km.

6.2 De los cables de 2 y 4 pares

- ❑ Cables tipo Categoría 5e sin pantalla.
- ❑ Cubierta: PVC con características para su instalación en Interior/Exterior
- ❑ Núcleo de conductores: Cableado de 1 a 4 pares
- ❑ Calibre de los conductores: 0,51 mm.
- ❑ Resistencia ohmica de los conductores: Máximo 93 Ω /km
- ❑ Rigidez dieléctrica de los conductores: 500 V_{cc} ó 350 V_{ca} .
- ❑ Resistencia de aislamiento: Mayor de 8.000 $M\Omega$ xkm

- Capacidad mutua: Máximo 5,6 nF/100 m
- Desequilibrio de capacidad par-par: 20pF/100m máximo
- Impedancia característica: 100 ± 15 Ω de 1 a 100 MHz
- Atenuación máxima de cualquier par corregida a 20°C:

$$\alpha(dB/100m) \leq 1.967\sqrt{f} + 0.023f + \frac{0.050}{\sqrt{f}}$$

- Retardo de propagación:

$$Retardo(ns/100m) \leq 534 + \frac{36}{\sqrt{f_{MHz}}} \quad 1 \leq f \leq 100 \text{ MHz}$$

- Diferencia de retardo de propagación: <45 ns/100 m, 1 ≤ f ≤ 100 MHz
- Pérdidas de retorno (según [Tabla 3](#)):

Tabla 3

Frecuencia (MHz)	Pérdidas de retorno (dB/100 m)
1 ≤ f < 10	20 + 5 × log(f)
10 ≤ f < 20	25
20 ≤ f ≤ 100	25 - 7 × log(f/20)

- Individual Power Sum de paradiafonía (PSNEXT):
Valores mínimos de 62 dB/100m a 1 MHz y 32 dB/100m a 100 MHz
- Individual Power Sum de relación de telediafonía (PSELFEXT):
Valores mínimos de 63 dB/100m a 772 KHz y 20,8 dB/100m a 100 MHz

6.3 De los cables mayores de 4 pares

- Cables con cubierta de PVC, con pantalla de núcleo y con hilo de continuidad de la misma
- Calibre de los conductores: 0,51 mm
- Resistencia óhmica de los conductores: Máximo 93 Ω/km
- Rigidez dieléctrica entre conductores: 500 V_{cc} ó 350 V_{ef. ca.}
- Rigidez dieléctrica entre conductores y pantalla: 1500 V_{cc} ó 1000 V_{ca.}
- Resistencia de aislamiento: Mayor de 10.000 MΩxkm
- Capacidad mutua: Máximo 55 nF/km



- Desequilibrio de capacidad par-par: 45 pF/500m máximo
- Desequilibrio de capacidad par-pantalla: Máximo 400 pF/500m
- Impedancia característica: $100 \pm 15 \Omega$ a 1 MHz
- Atenuación máxima: No mayor de 2,1 dB/100 m a 1 MHz ni mayor de 13,7 dB/100m a 40 MHz
- Retardo de propagación:
 - 5,7 ns/m de $0,3 \leq f \leq 2$ MHz
- Pérdidas de retorno (según [Tabla 4](#)):

Frecuencia (MHz)	Pérdidas de retorno (dB/100 m)
$1 \leq f < 20$	23
$20 \leq f \leq 100$	$23 - 10 \times \log(f/20)$

Tabla 4

- Individual Power Sum de paradiafonía (PSNEXT)(medida en un máximo de 50 pares):
 - 59 dB/100m a 1 MHz de valor mínimo.
- Individual Power Sum de relación de telediafonía (PSELFEXT) (medida en un máximo de 50 pares):
 - 55 dB/100m a 1 MHz de valor mínimo

6.4 De los elementos de conexión

- a) La resistencia de aislamiento entre contactos, en condiciones normales (23°C, 50% H.R.), deberá ser superior a $10^6 M\Omega$.
- b) La resistencia de contacto con el punto de conexión de los cables/hilos deberá ser inferior a 10 mΩ.
- c) La rigidez dieléctrica deberá ser tal que soporte una tensión, entre contactos, de $1000 V_{ef\ ca} \pm 10\%$ y $1500 V_{cc} \pm 10\%$.

6.5 De la red interior de usuario de telefonía básica

6.5.1 Con terminales conectados

Los requisitos siguientes se aplicarán en la entrada de la red interior de usuario, desconectada ésta del PAU y cuando todos los equipos terminales conectados a la misma están en la condición de reposo:

- a) **Corriente continua**

La corriente continua medida con 48 Vcc entre los dos conductores de la red interior de usuario, no deberá exceder de 1 mA.

b) Capacidad de entrada

El valor de la componente reactiva de la impedancia compleja, vista entre los dos conductores de la red interior de usuario deberá ser, en valor absoluto, menor al equivalente a un condensador sin pérdidas de valor 3,5 μF .

Esta medida se hará aplicando entre los dos conductores de la red interior de usuario, a través de una resistencia en serie de 200 Ω , una señal sinusoidal con tensión eficaz en corriente alterna en circuito abierto de 75V y 25 Hz de frecuencia, superpuesta de manera simultánea a una tensión de corriente continua de 48V.

A efectos indicativos, los dos requisitos anteriores se cumplen, en la práctica, si el número de terminales, simultáneamente conectados, no es superior a tres.

6.5.2 Con terminales desconectados

Los siguientes requisitos se aplicarán en la entrada de la red interior de usuario, desconectada ésta del PAU y sin ningún equipo terminal conectado a aquella.

a) Resistencia óhmica

La resistencia óhmica medida entre los dos conductores de la red interior de usuario, cuando se cortocircuitan los dos terminales de línea de una Base de Acceso Terminal, no debe ser mayor de 50 Ω . Esta condición debe cumplirse efectuando el cortocircuito sucesivamente en todas las Bases de Acceso Terminal equipadas en la red interior de usuario.

A efectos indicativos, el requisito anterior se cumple, en la práctica, si la longitud total del cable interior de usuario, desde el PAU, hasta cada una de las Bases de Acceso Terminal, no es superior a 250 m.

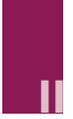
b) Resistencia de aislamiento

La resistencia de aislamiento de todos los pares conectados, medida con 500 V de tensión continua entre los conductores de la red interior de usuario o entre cualquiera de estos y tierra, no debe ser menor de 100 M Ω .

7 ICT-T PARA EL ACCESO AL SERVICIO DE TELEFONÍA DISPONIBLE AL PÚBLICO A TRAVÉS DE UNA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

La presente Norma establece los requisitos técnicos relativos a las ICT-T para la conexión a una red digital de servicios integrados (RDSI) en los siguientes casos:

- a) Conexión de equipos terminales RDSI de acuerdo con la ETS 300 012 (Acceso Básico).



- b) Conexión de equipos terminales RDSI de acuerdo con la ETS 300 011 (Acceso Primario).

7.1 Red interior común

7.1.1 Acceso básico RDSI

Las redes de distribución y dispersión, formadas por los cables comprendidos entre el Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior (RITI) y la Terminación de Red (TR1), se diseñarán, dimensionarán y ejecutarán, incluyendo los materiales que se empleen, de acuerdo a lo descrito en los apartados anteriores. En este caso, el servicio se prestará utilizando pares como los del servicio de telefonía disponible al público, sumando los pares necesarios para ambos servicios al dimensionar la red común.

7.1.2 Acceso primario RDSI

Pueden existir dos casos en función de la ubicación de la Terminación de Red a velocidad primaria (TR1p):

- a) Que la TR1p esté situada en el Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior (RITI). En este caso la red interior común estará formada por cable de pares apantallados o coaxial flexible.
- b) Que la TR1p se sitúe en el domicilio del usuario. En este caso el portador utilizado (cable de pares metálico, fibra óptica, etc.) deberá transcurrir hasta la red interior de usuario.

En las redes de distribución y dispersión, hasta la TR1p, se individualizarán los cables de emisión y de recepción, excepto aquellos casos en que estos accesos se apoyen en técnicas de transmisión para las cuales la normativa europea (ETSI) contempla el uso de pares de abonado convencionales, una fibra para emisión y otra recepción o una sola fibra para ambos sentidos de transmisión.

Cuando se utilice cable coaxial flexible, se garantizará la continuidad física de los cables hasta la TR1p, de forma que no existan puntos de empalme o de conexión.

En el caso de que se necesiten más de tres accesos primarios para la red individual de usuario, se recomienda la instalación de cables de fibra óptica entre el Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior y la Terminación de Red.

7.2 Red de usuario

La red de usuario RDSI es la que transcurre entre la TR1 ó la TR1p (cuando se sitúe en el domicilio de usuario) y los terminales.

7.2.1 Acceso básico RDSI

a) Elementos

Se utilizarán los siguientes elementos:

1º) Cables

Tipo: Pares simétricos

Calibre: 0,5 ó 0,6 mm

Número de pares: 2 ó 4 pares por cada acceso básico

Pantalla externa: Cables no apantallados en instalación normal.

2º) Terminación de red (TR1)

La terminación de red (TR1) es un elemento que proporciona, y es de su propiedad, el Suministrador del Servicio RDSI, constituye la frontera entre la red del operador (transmisión a dos hilos con la central) y la red interior del usuario a 4 hilos. La TR1 se conectará por el lado de la red mediante conexión fija y opcionalmente mediante un conector RJ-11. La TR1 se conecta a la instalación de usuario mediante un conector ISO 8877 (RJ-45) de 8 vías que constituye el punto frontera entre la red del operador y el usuario. La TR1 se sitúa en el domicilio del usuario. Puede disponer de una fuente (integrada o externa) para la alimentación de equipos terminales conectados al bus.

3º) Base acceso de terminal (BAT)

Tabla 5

Número de contacto	Función	
	Equipo Terminal	Terminación de Red
1	Fuente de Energía 3 o suministro 3	No conectada
2	Fuente de Energía 3 o suministro 3	No conectada
3	Emisión	Recepción
4	Recepción	Emisión
5	Recepción	Emisión
6	Emisión	Recepción
7		No conectada
8		No conectada

Para las Bases de Acceso de Terminal se utilizarán conectores de 8 contactos según la norma ISO 8877 y con la asignación de contactos siguiente (ver [Tabla 5](#)):

Se dispondrá de dos tipos de BAT, normales sin resistencias de terminación y de extremo del bus con dos resistencias de terminación de $100 \Omega \pm 5 \%$, conectadas entre los contactos 3-6 y 4-5.

b) Configuraciones de cableado

Las instalaciones de usuario han de diseñarse según los modelos normalizados: bus pasivo corto, bus pasivo ampliado o punto a punto.

La instalación normal es de un bus pasivo (sin elementos activos) a 4 hilos (2 pares simétricos) que soportan los dos sentidos de transmisión. Opcionalmente, el usuario puede utilizar instalación a 3 ó 4 pares para alimentación de energía entre terminales por par físico.

1º) Bus pasivo corto

Es una instalación a 2 pares (ó 4 pares) en la que hasta 8 equipos terminales se conectan a pun-



tos cualquiera del cable. La TR1 se puede conectar a un extremo del bus pasivo corto con sus resistencias internas de terminación conectadas y con resistencias de terminación situadas en la BAT del extremo opuesto. La TR1 se puede conectar opcionalmente a un punto intermedio del bus pasivo corto con las resistencias internas desconectadas (configuración en "Y") y con resistencias de terminación conectadas en las dos BAT situadas en los extremos del bus. El número máximo de BAT (puntos de conexión de terminales) es de 10, y el número máximo de terminales conectados al bus pasivo corto es de 8. La longitud máxima del bus pasivo corto será de 150 metros con cables de baja impedancia (75Ω) y de 200 metros con cables de alta impedancia (150Ω).

2º) Bus pasivo ampliado

Es una instalación a 2 pares (ó 4 pares) en la que hasta 4 equipos terminales se conectan agrupados en el extremo distante del bus. La longitud del bus es de 500 a 600 metros. La distancia máxima entre terminales y el extremo del bus (agrupamiento de los puntos de conexión BAT) es de 25 a 50 metros, y el número máximo de terminales conectados al bus pasivo ampliado es de 4.

3º) Punto a punto

Esta configuración se utiliza para conectar una TR1 con un único terminal mediante 2 pares. La longitud queda limitada por la atenuación del cable (6 dB a 96 kHz). La longitud de cableado a alcanzar es como máximo de 1000 metros. La resistencia de terminación deberán estar conectadas en las dos BAT situadas en los extremos.

7.2.2 Acceso primario RDSI

a) Elementos

Se utilizarán los siguientes elementos:

1º) Cables

Cable de pares apantallados: Siempre que se incorporen a la instalación, se utilizarán dos pares apantallados, uno para cada sentido de transmisión entre la TR1p y el equipo terminal (ET). La impedancia característica del cable será 120Ω (simétrica) $\pm 20\%$ en la gama de frecuencias de 200 kHz hasta 1 MHz y de $120\Omega \pm 10\%$ a 1 MHz.

Cable coaxial flexible: Siempre que se incorporen a la instalación, se utilizarán dos cables coaxiales flexibles, uno para cada sentido de transmisión. La impedancia característica del cable será 75Ω (asimétrica) $\pm 5\%$ a 1 MHz.

Cable interior de dos hilos: Se utiliza para alimentación de energía de la TR1p desde el equipo terminal.

2º) Terminación de red a velocidad primaria (TR1P)

El equipo que hace las funciones de Terminación de Red a velocidad primaria (TR1p) es un elemento que proporciona, y es de su propiedad, el Suministrador del Servicio RDSI, constituye la

frontera entre la red del operador y la red interior del usuario. La TR1p se conecta a la instalación de usuario mediante una regleta de conexión fija provista de conexión de pantallas (caso de cable de pares apantallados) o mediante un conector DIN (caso de cable coaxial flexible) que constituye el punto de separación entre la red del operador y el usuario. La TR1p puede estar situada en el Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior (RITI) o en el domicilio del usuario.

3º) Conexiones

La conexión de los pares apantallados a la TR1p y al equipo terminal se efectuará de forma fija mediante regleta con conexión de la pantalla de cada par. Ambas conexiones de pantalla podrán estar unidas. Opcionalmente se podrán utilizar un conector de 8 contactos. La conexión de los coaxiales flexibles a la TR1p y al equipo terminal se efectuará mediante dos conectores DIN 42295.

b) Configuración de cableado

En acceso primario sólo se proporciona en configuración de cableado punto a punto entre TR1p y el equipo terminal (ET).

8 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

En punta de cada par de salida del punto de interconexión no deberán aparecer, con el bucle cerrado en un BAT:

- a) Niveles de "Ruido sofométrico" superiores a 58 dB negativos, referidos a 1 mV sobre 600 Ω .
- b) Tensiones superiores a 50 V (50 Hz) entre cualquiera de los hilos (a, b) y tierra. Se refiere a situaciones fortuitas o de avería que pudieran aparecer al originarse contactos indirectos con la red eléctrica coexistente.

8.1 Accesos y cableados

Con el fin de reducir posibles diferencias de potencial entre sus recubrimientos metálicos, la entrada de los cables de telecomunicación y de alimentación de energía se realizará a través de accesos independientes, pero próximos entre sí, y próximos también a la entrada del cable o cables de unión a la puesta a tierra del edificio.

8.2 Interconexión equipotencial y apantallamiento

Cuando se instalen los distintos equipos (armarios, bastidores y demás estructuras metálicas accesibles) se creará una red mallada de equipotencialidad conectando las partes metálicas accesibles de todos ellos entre sí y al anillo de tierra del inmueble.

Todos los cables con portadores metálicos de telecomunicación procedentes del exterior del edificio serán apantallados, estando el extremo de su pantalla conectado a tierra local en un punto tan próxi-



mo como sea posible de su entrada al recinto que aloja el punto de interconexión y nunca a más de 2 m de distancia.

8.3 Descargas atmosféricas

En función del nivel cerámico y del grado de apantallamiento presentes en la zona considerada, puede ser conveniente dotar a los portadores metálicos de telecomunicación procedentes del exterior de dispositivos protectores contra sobretensiones, conectados también al terminal o al anillo de tierra.

8.4 Coexistencia de una RDSI con otros servicios

Las características de las señales digitales RDSI pueden verse afectadas por interferencias procedentes de fuentes electromagnéticas externas (tales como motores) o descargas atmosféricas.

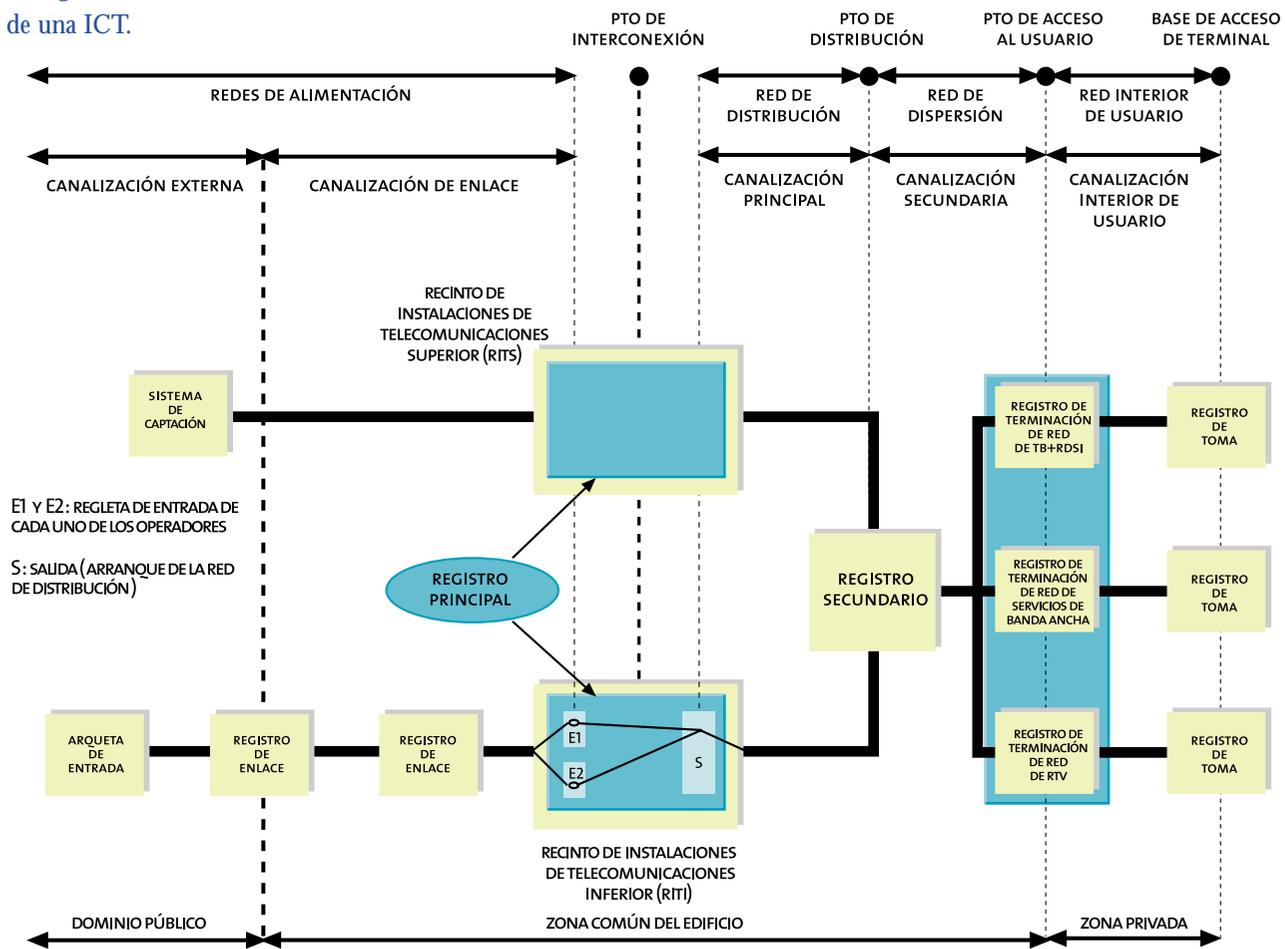
Con el fin de evitar estos problemas, siempre que coexistan cables eléctricos de 220 V y cables RDSI, se tomarán las siguientes precauciones:

- a) Se respetará una distancia mínima de 30 centímetros en el caso de un trazado paralelo a lo largo de un recorrido igual o superior a 10 metros. Si este recorrido es menor, la separación mínima, en todo caso, será de 10 centímetros.
- b) Si hubiera necesidad de que se cruzaran dos tipos de cables, eléctricos y RDSI lo harán en un ángulo de 90 grados, con el fin de minimizar así el acoplamiento entre el campo electromagnético del cable eléctrico y los impulsos del cable RDSI.

En el caso de lámparas de neón se recomienda que estén a una distancia superior a 30 centímetros de los cables RDSI.

En el caso de motores eléctricos, o cualquier equipo susceptible de emitir fuertes parásitos, se recomienda que estén a una distancia superior a 3 metros de los cables RDSI. En el caso de que no fuera posible evitar los parásitos, se recomienda utilizar cables apantallados.

Figura 1:
Esquema general de una ICT.



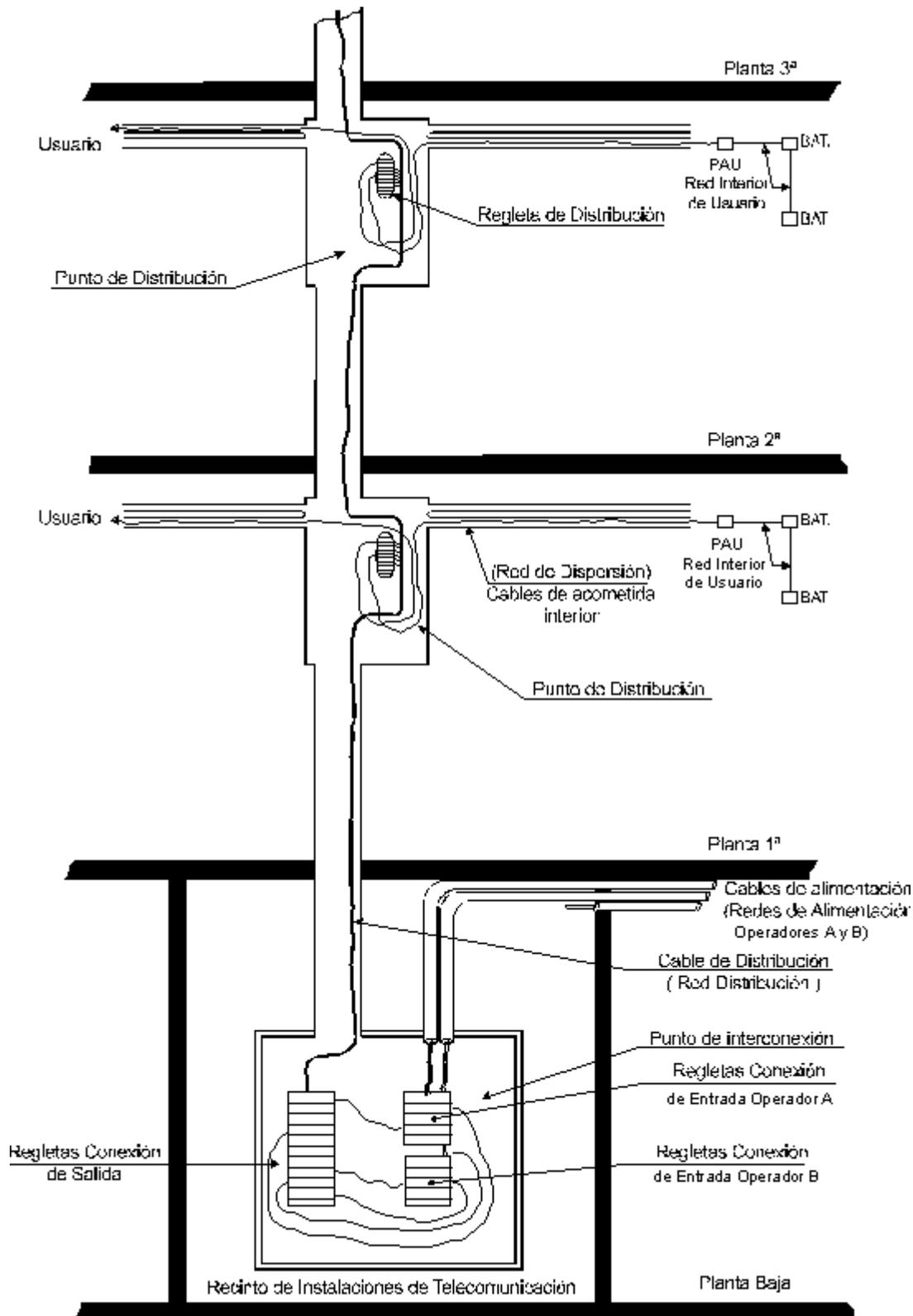
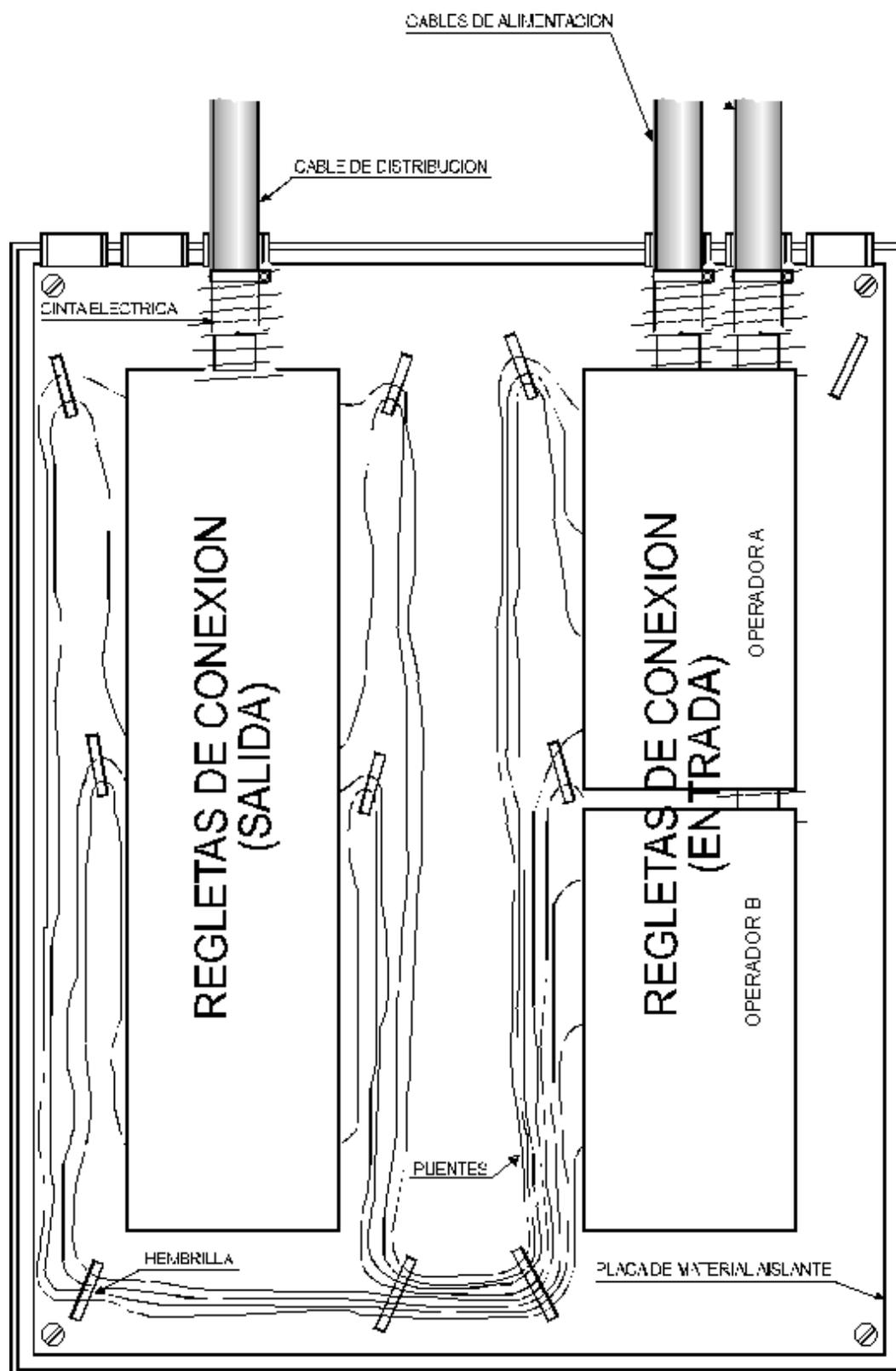


Figura 2:
Esquema general de red.

Figura 3:
Punto de interconexión.



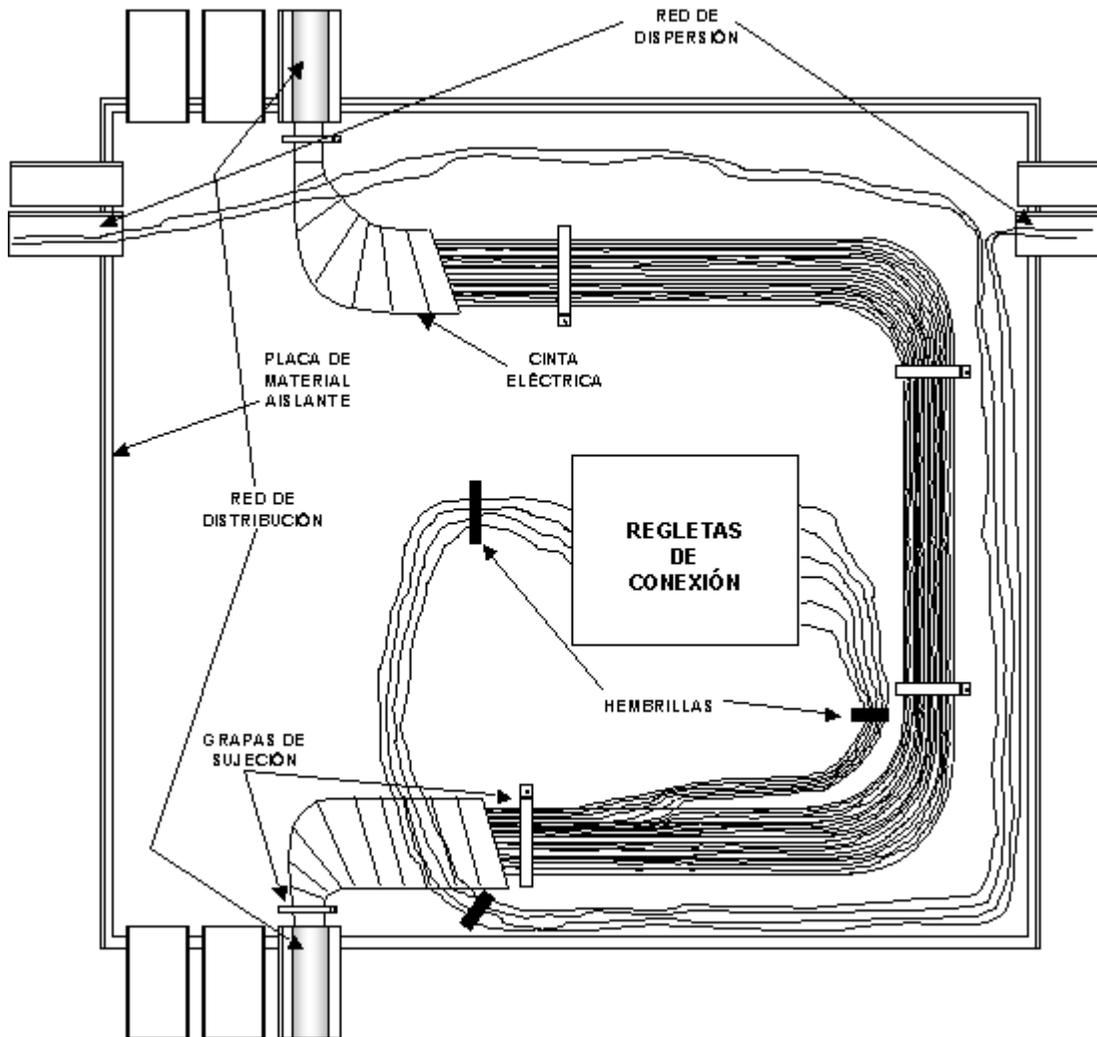
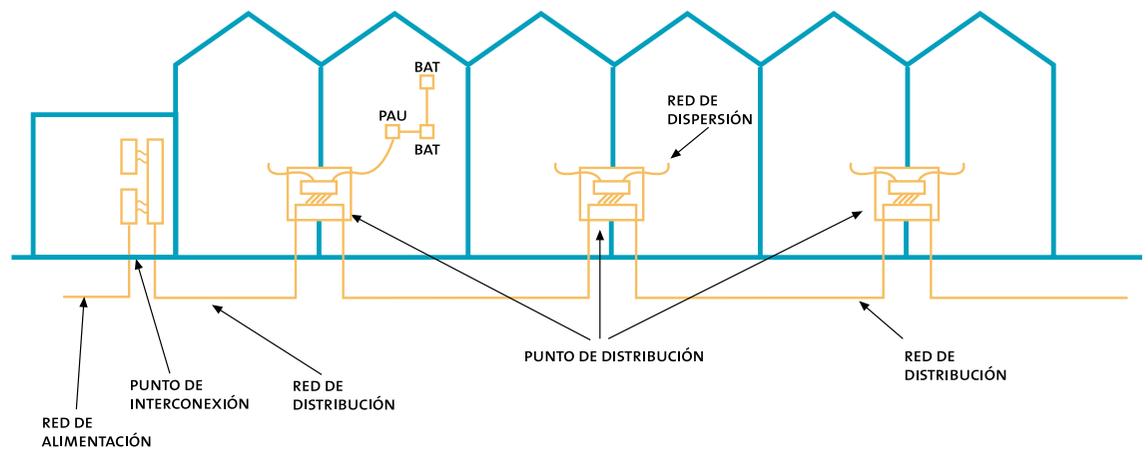
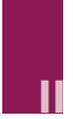


Figura 4:
Punto de distribución.

Figura 5:
Esquema general de red para viviendas unifamiliares.





ANEXO IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS DE LAS EDIFICACIONES EN MATERIA DE TELECOMUNICACIONES

1 OBJETO

Estas especificaciones técnicas tienen por objeto establecer los requisitos mínimos que, desde un punto de vista técnico, han de cumplir las canalizaciones, recintos y elementos complementarios que alberguen la infraestructura común de telecomunicaciones de Telefónica (ICT-T) para facilitar su despliegue, mantenimiento y reparación, contribuyendo de esta manera a posibilitar el que los usuarios finales accedan a los servicios de telefonía disponible al público y red digital de servicios integrados (TB + RDSI), telecomunicaciones de banda ancha [Telecomunicaciones por cable (TLCA) y servicios de acceso fijo inalámbrico (SAFI)] y radiodifusión y televisión (RTV).

En la ICT-T, también se consideran como elementos que albergan la infraestructura común de telecomunicaciones, las canalizaciones y elementos complementarios para posibilitar el que los usuarios finales accedan a los servicios de Hogar Digital.

En las **Figuras 1 a 9** de las presentes especificaciones técnicas, se describen gráficamente los términos y definiciones utilizados a lo largo de este anexo.

2 ÁMBITO DE LA APLICACIÓN

En todo caso, las presentes especificaciones técnicas serán de aplicación con carácter general a:

- a) Inmuebles de nueva construcción cuyo destino principal sea el de vivienda, en bloques de pisos que generalmente disponen de un reducido número de locales comerciales y oficinas.
- b) Conjuntos de viviendas unifamiliares aisladas, adosadas, pareadas o cualquier otra configuración (en adelante viviendas unifamiliares) que dispongan de elementos comunes.

No obstante lo anterior, estas especificaciones podrán servir como referencia para otros tipos de edificaciones no incluidas en los párrafos anteriores.

3 TOPOLOGÍA DE LA ICT-T

La infraestructura que soporta el acceso a los servicios de telecomunicación contemplados en estas especificaciones técnicas, para inmuebles como los señalados en el párrafo a) del apartado anterior, responderá a los esquemas reflejados en los diagramas o planos tipo incluidos como **Figuras 1 y 2** a este anexo.

Dicho esquema obedece a la necesidad de establecer de manera clara los diferentes elementos que conforman la ICT-T del inmueble y que permiten soportar los distintos servicios de telecomunicación, incluidos los servicios del Hogar Digital.

Las redes de alimentación de los distintos operadores se introducen en la ICT-T, por la parte inferior del inmueble a través de la arqueta de entrada y de las canalizaciones externa y de enlace, atravesando el punto de entrada general del inmueble y, por su parte superior, a través del pasamuro y de la canalización de enlace hasta los registros principales situados en los recintos de instalaciones de telecomunicaciones, donde se produce la interconexión con la red de distribución de la ICT-T.

La red de distribución tiene como función principal llevar a cada planta del inmueble las señales necesarias para alimentar la red de dispersión. La infraestructura que la soporta está compuesta por la canalización principal, que une los recintos de instalaciones de telecomunicaciones inferior y superior y por los registros principales.

Como parte de dicha canalización principal, se considera también la que une el recinto de telecomunicaciones inferior con los diferentes cuartos de contadores del inmueble, para soportar la red de lectura de contadores.

La red de dispersión se encarga, dentro de cada planta del inmueble, de llevar las señales de los diferentes servicios de telecomunicación hasta los PAU de cada usuario. La infraestructura que la soporta está formada por la canalización secundaria y los registros secundarios.

La red interior de usuario tiene como función principal distribuir las señales de los diferentes servicios de telecomunicación en el interior de cada vivienda o local, desde los PAU hasta las diferentes bases de toma de cada usuario. La infraestructura que la soporta está formada por la canalización interior de usuario y los registros de terminación de red y de toma.

Como parte de dicha canalización interior de usuario, se considera también la que une los registros de terminación de red con la cocina y los baños de cada vivienda para soportar la red de alarmas de agua y gas, así como la necesaria para el control de presencia en la vivienda.

Así, con carácter general, pueden establecerse como referencia los siguientes puntos de la ICT-T:

- a) Punto de interconexión o de terminación de red: es el lugar donde se produce la unión entre las redes de alimentación de los distintos operadores de los servicios de telecomunicación con la red de distribución de la ICT-T del inmueble. Se encuentra situado en el interior de los recintos de instalaciones de telecomunicaciones, en el registro principal correspondiente.
- b) Punto de distribución: es el lugar donde se produce la unión entre las redes de distribución y de dispersión de la ICT-T del inmueble. Habitualmente se encuentra situado en el interior de los registros secundarios.
- c) Punto de acceso al usuario (PAU): es el lugar donde se produce la unión de las redes de dispersión e interiores de cada usuario de la ICT-T del inmueble. Se encuentra situado en el interior de los registros de terminación de red.
- d) Base de acceso terminal: es el punto donde el usuario conecta los equipos terminales que le permiten acceder a los servicios de telecomunicación que proporciona la ICT-T del inmueble. Se encuentra situado en el interior de los registros de toma.



Desde el punto de vista del dominio en el que están situados los distintos elementos que conforman la ICT-T, puede establecerse la siguiente división:

- a) Zona exterior del inmueble: en ella se encuentran la arqueta de entrada y la canalización externa.
- b) Zona común del inmueble: donde se sitúan todos los elementos de la ICT-T comprendidos entre el punto de entrada general del inmueble y los puntos de acceso al usuario.
- c) Zona privada del inmueble: la que comprende los elementos de la ICT-T que conforman la red interior de los usuarios.

Para el caso de conjuntos de viviendas unifamiliares, la topología de la ICT-T responderá a los esquemas reflejados en los diagramas o planos tipo incluidos como **Figuras 8 y 9** de estas especificaciones técnicas. En ellos se observa que, como consecuencia del tipo de construcción, la red de dispersión y la de distribución se simplifican de manera notable. Los servicios de telecomunicación se introducen a partir de un único recinto común de instalaciones de telecomunicaciones, y son válidos en general los conceptos y descripciones efectuadas para el otro tipo de inmuebles.

4 DEFINICIONES

4.1 Arqueta de entrada

Es el recinto que permite establecer la unión entre las redes de alimentación de los servicios de telecomunicación de los distintos operadores y la infraestructura común de telecomunicación del inmueble. Se encuentra en la zona exterior del inmueble y a ella confluyen, por un lado, las canalizaciones de los distintos operadores y, por otro, la canalización externa de la ICT-T del inmueble. Su construcción corresponde a la propiedad del inmueble.

4.2 Canalización externa

Está constituida por los conductos que discurren por la zona exterior del inmueble desde la arqueta de entrada hasta el punto de entrada general del inmueble. Es la encargada de introducir en el inmueble las redes de alimentación de los servicios de telecomunicación de los diferentes operadores. Su construcción corresponde a la propiedad del inmueble.

4.3 Punto de entrada general

Es el lugar por donde la canalización externa que proviene de la arqueta de entrada accede a la zona común del inmueble.

4.4 Canalización de enlace

Para el caso de inmuebles de viviendas y teniendo en cuenta el lugar por el que se acceda al inmueble, se define como:

- a) Para la entrada al inmueble por la parte inferior, es la que soporta los cables de la red de alimentación desde el punto de entrada general hasta el registro principal ubicado en el recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior (RITI).
- b) Para la entrada al inmueble por la parte superior, es la que soporta los cables que van desde los sistemas de captación hasta el recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior (RITS), entrando en el inmueble mediante el correspondiente elemento pasamuro.
- c) Para el caso de conjuntos de viviendas unifamiliares, se define como la que soporta los cables de la red de alimentación de los diferentes servicios de telecomunicación desde el punto de entrada general hasta los registros principales, y desde los sistemas de captación hasta el elemento pasamuro, situados en el recinto de instalaciones de telecomunicaciones único (RITU).

En cualquier caso está constituida por los conductos de entrada y los elementos de registro intermedios que sean precisos. Los elementos de registro son las cajas o arquetas intercaladas en esta canalización de enlace para poder facilitar el tendido de los cables de alimentación.

4.5 Recintos de instalaciones de telecomunicaciones

Se establecen los siguientes tipos de recintos:

4.5.1 Recinto Inferior (RITI):

Es el local o habitáculo donde se instalarán los registros principales correspondientes a los distintos operadores de los servicios de telecomunicación de TB + RDSI, TLCA y SAFI, y los posibles elementos necesarios para el suministro de estos servicios. Asimismo, de este recinto arranca la canalización principal de la ICT-T del inmueble.

El registro principal para TB + RDSI es la caja que contiene el punto de interconexión entre las redes de alimentación y la de distribución del inmueble. En el caso particular de que la red de distribución conste de un número de pares igual o inferior a 25, puede contener directamente el punto de distribución.

Los registros principales para TLCA y SAFI son las cajas que sirven como soporte del equipamiento que constituye el punto de interconexión entre la red de alimentación y la de distribución del inmueble.

4.5.2 Recinto superior (RITS):

Es el local o habitáculo donde se instalarán los elementos necesarios para el suministro de los servicios de RTV y, en su caso, elementos de los servicios SAFI y de otros posibles servicios. En él se alojarán los elementos necesarios para adecuar las señales procedentes de los sistemas de captación de emisiones radioeléctricas de RTV, para su distribución por la ICT-T del inmueble o, en el caso de SAFI y de otros servicios, los elementos necesarios para trasladar las señales recibidas hasta el RITI.

4.5.3 Recinto único (RITU):

Para el caso edificios o conjuntos inmobiliarios de hasta tres alturas y planta baja y un máximo de diez



PAU (nota 1) y para conjuntos de viviendas unifamiliares, se establece la posibilidad de construir un único recinto de instalaciones de telecomunicaciones (RITU), que acumule la funcionalidad de los dos descritos anteriormente.

4.5.4 Recinto modular (RITM):

Para los casos de inmuebles de pisos de hasta cuarenta PAU (nota 1) y de conjuntos de viviendas unifamiliares de hasta diez PAU (nota 1), los recintos superior, inferior y único podrán ser realizados mediante armarios de tipo modular no propagadores de la llama.

4.6 Canalización principal

Es la que soporta la red de distribución de la ICT-T del inmueble, conecta el RITI y el RITS entre sí, éstos con los registros secundarios y el RITI con los cuartos de contadores del inmueble. Podrá estar formada por galerías o tuberías.

En ella se intercalan los registros secundarios, que conectan la canalización principal y las secundarias. También se utilizan para seccionar o cambiar de dirección la canalización principal.

En el caso de acceso radioeléctrico de servicios distintos de los de radiodifusión sonora y televisión, la canalización principal tiene como misión añadida la de hacer posible el traslado de las señales desde el RITS hasta el RITI.

4.7 Canalización secundaria

Es la que soporta la red de dispersión del inmueble, y conecta los registros secundarios con los registros de terminación de red. En ella se intercalan los registros de paso, que son los elementos que facilitan el tendido de los cables entre los registros secundarios y de terminación de red.

Los registros de terminación de red son los elementos que conectan las canalizaciones secundarias con las canalizaciones interiores de usuario. En estos registros se alojan los correspondientes puntos de acceso a los usuarios; en el caso de RDSI, el PAU podrá ir superficial al lado de este registro. Estos registros se ubicarán siempre en el interior de la vivienda, oficina o local comercial y los PAU que se alojan en ellos podrán ser suministrados por los operadores de los servicios previo acuerdo entre las partes.

4.8 Canalización interior de usuario

Es la que soporta la red interior de usuario, conecta los registros de terminación de red y los registros de toma. En ella se intercalan los registros de paso que son los elementos que facilitan el tendido de los cables de usuario.

Los registros de toma son los elementos que alojan las bases de acceso terminal (BAT), o tomas de usuario, que permiten al usuario efectuar la conexión de los equipos terminales de telecomunicación o los módulos de abonado con la ICT-T, para acceder a los servicios proporcionados por ella.

5 DISEÑO Y DIMENSIONADO

Como norma general, las canalizaciones deberán estar, como mínimo, a 100 mm de cualquier encuentro entre dos paramentos.

5.1 Arqueta de entrada

En función del número de puntos de acceso a usuario del inmueble, la arqueta de entrada deberá tener las dimensiones interiores mínimas que figuran en la [Tabla 1](#).

Tabla 1

Número de PAU (nota 1) del inmueble	Dimensiones en mm (longitud x anchura x profundidad)
Hasta 20	400 x 400 x 600
De 21 a 40	600 x 600 x 800
Mas de 40	800 x 700 x 820

Todas ellas tendrán la forma indicada en la [Figura 3](#) de las presentes especificaciones técnicas.

Se recomienda consultar su ubicación con los posibles operadores de servicio.

En aquellos casos excepcionales en que, por insuficiencia de espacio en acera o prohibición expresa del organismo competente, la instalación de este tipo de arquetas no fuera posible, se habilitará un punto general de entrada formado por:

- a) Registro de acceso en la zona limítrofe de la finca de dimensiones capaces de albergar los servicios equivalentes a la arqueta de entrada; en todo caso, sus dimensiones mínimas serán de 400 x 600 x 300 mm (altura x anchura x profundidad); o
- b) Pasamuros que permita el paso de la canalización externa en su integridad. Dicho pasamuros coincidirá en su parte interna con el registro de enlace, y deberá quedar señalizada su posición en su parte externa.

En la ICT-T, se procurará instalar siempre una arqueta, salvo en los casos en que sea materialmente imposible ubicarla en una zona próxima al inmueble.

Será responsabilidad del operador el enlace entre su red de servicio y la arqueta o el punto de entrada general del inmueble

5.2 Canalización externa

La canalización externa que va desde la arqueta de entrada hasta el punto de entrada general al inmueble estará constituida por conductos de 63 mm de diámetro, en número mínimo y con la utilización fijadas en la [Tabla 2](#), en función del número de PAU (nota 1) del inmueble.

Tabla 2

Número de PAU (nota 1)	Número de conductos	Utilización de los conductos
Hasta 20	4	1 TB + RDSI, 1 TLCA, 2 reserva
De 21 a 40	6	2 TB + RDSI, 2 TLCA, 2 reserva
Mas de 40	8	4 TB + RDSI, 4 TLCA, 2 reserva



5.3 Punto de entrada general

Es el elemento pasamuro que permite la entrada al inmueble de la canalización externa, capaz de albergar los conductos de 63 mm de diámetro exterior que provienen de la arqueta de entrada.

El punto de entrada general terminará por el lado interior del inmueble en un registro de enlace de las dimensiones indicadas en el apartado 5.4.1, para dar continuidad hacia la canalización de enlace.

5.4 Canalización de enlace

5.4.1 Para la entrada inferior

Esta canalización estará formada por tubos, en número igual a los de la canalización externa, que alojarán únicamente redes de telecomunicación. Podrán instalarse empotrados o superficiales, o en canalizaciones subterráneas.

Los tubos destinados a TB+RDSI, se dimensionarán todos del mismo diámetro exterior, en función del número de pares de los cables de la red de distribución, de acuerdo con la [Tabla 3](#).

Número de pares	Diámetro del cable mayor (mm)	Tubos Ø (mm)
Hasta 250	Hasta 28	40
Entre 250 y 525	Hasta 35	50
Entre 525 y 800	Hasta 45	63

Tabla 3

Para los tubos destinados a TLCA puede suponerse un diámetro del cable no superior a 16 mm, por lo que el diámetro mínimo de estos conductos será de 40 mm.

En los casos en que parte de la canalización de enlace sea subterránea, será prolongación de la canalización externa de acuerdo con la [Figura 4](#) de estas especificaciones técnicas, eliminándose el registro de enlace asociado al punto de entrada general.

Los tubos de reserva serán, como mínimo, iguales al de mayor diámetro que se haya obtenido anteriormente.

En el caso de que discurra por el techo de plantas subterráneas, la canalización de enlace inferior puede constituirse mediante bandejas que partan del registro de enlace que incorpore el punto de entrada general, dimensionadas de acuerdo con los siguientes criterios:

Se dispondrán cuatro espacios independientes, en una o varias bandejas, y se asignará cada espacio de la siguiente forma:

- Dos para servicios de TB + RDSI.
- Dos para servicios de TLCA.

La sección útil de cada espacio (S_i) se determinará según la siguiente fórmula:

$$S_i \geq C \times S_j$$

Siendo:

$C = 2$ para cables coaxiales ó $C = 1,82$ para el resto de cables.

S_j = Suma de las secciones de los cables que se instalen en ese espacio.

Para seleccionar la bandeja o bandejas a instalar, se tendrá en cuenta que la dimensión interior menor de cada espacio será 1,3 veces el diámetro del cable mayor a instalar en él.

Tabla 4

Número de pares	S_j (mm ²)	Diámetro (mm)
Hasta 100	335	18
Entre 100 y 200	520	24
Entre 200 y 400	910	31
Entre 400 y 800	1520	40

En los espacios correspondientes a TB + RDSI, la sección y el diámetro del cable mayor de TB se determinarán en función del número total de pares de los cables de la red de distribución de la ICT-T, de acuerdo con la [Tabla 4](#).

En los tramos de canalización superficial con tubos, éstos deberán fijarse mediante grapas separadas, como máximo, un metro.

Cuando la canalización sea mediante tubos, se colocarán registros de enlace (armarios o arquetas) en los siguientes casos:

- a) Cada 30 m de longitud en canalización empotrada o en canalización por superficie.
- b) Cada 50 m de longitud en canalización subterránea.
- c) En el punto de intersección de dos tramos rectos no alineados.
- d) Dentro de los 600 mm antes de la intersección en un solo tramo de los dos que se encuentren. En este último caso, la curva en la intersección tendrá un radio mínimo de 350 mm y no presentará deformaciones en la parte cóncava del tubo.

Las dimensiones mínimas de estos registros de enlace serán 450 x 450 x 120 mm (altura x anchura x profundidad) para inmuebles con hasta 20 PAU (nota 1), 500 x 500 x 120 mm. para inmuebles con mas de 20 y hasta 40 PAU (nota 1) y 700 x 500 x 120 para inmuebles con mas de 40 PAU (nota 1), para el caso de registros en pared. Para el caso de arquetas las dimensiones interiores mínimas serán 400 x 400 x 400 mm.

Cuando la canalización sea mediante bandejas, en los puntos de encuentro en tramos no alineados se colocarán accesorios de cambio de dirección con un radio mínimo de 350 mm.

5.4.2 Para entrada superior

En esta canalización, los cables irán sin protección entubada entre los elementos de captación (antenas) y el punto de entrada al inmueble (pasamuro). A partir de aquí la canalización de enlace estará formada por tubos, empotrados o superficiales, cuyo número y dimensiones en mm serán los siguientes:

Tubos: 4 Ø 40.



Las fijaciones superficiales de los tubos serán las mismas del apartado anterior 5.4.1.

Los registros de enlace se colocarán en los mismos casos que en el apartado anterior y sus dimensiones mínimas serán 360 x 360 x 120 mm (altura x anchura x profundidad).

5.5 Recintos de instalaciones de telecomunicaciones

Los recintos dispondrán de espacios delimitados en planta para cada tipo de servicio de telecomunicación. Estarán equipados con un sistema de escalerillas o canales horizontales para el tendido de los cables oportunos. La escalerilla o canal se dispondrá en todo el perímetro interior a 300 mm del techo. Las características citadas no serán de aplicación a los recintos de tipo modular (RITM).

En cualquier caso tendrán una puerta de acceso metálica, con apertura hacia el exterior, y dispondrán de cerradura con llave común para los distintos usuarios autorizados. El acceso a estos recintos estará controlado y la llave estará en poder del presidente de la comunidad de propietarios o del propietario del inmueble, o de la persona o personas en quien deleguen, que facilitarán el acceso a los distintos operadores para efectuar los trabajos de instalación y mantenimiento necesarios.

5.5.1 Dimensiones

Los recintos de instalaciones de telecomunicaciones tendrán las dimensiones mínimas indicadas en la **Tabla 5**, y deberá ser accesible toda su anchura:

Nº de PAU (nota 1)	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad(mm)
Hasta 20	2000	1000	500
De 21 a 40	2000	2000	500
Más de 40	2300	2000	2500

Tabla 5

En el caso de RITU las medidas mínimas, serán las indicadas en la **Tabla 6**.

Nº de PAU (nota 1)	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad(mm)
Hasta 10	2000	1000	500
Más de 10	2300	2000	2500

Tabla 6

5.5.2 Características constructivas

Los recintos de instalaciones de telecomunicación, excepto los RITM, deberán tener las siguientes características constructivas mínimas:

- a) Solado: pavimento rígido que disipe cargas electrostáticas.
- b) Paredes y techo con capacidad portante suficiente

- c) El sistema de toma de tierra se hará según lo dispuesto en el apartado 7 de estas especificaciones técnicas.

5.5.3 Ubicación del recinto

Los recintos estarán situados en zona comunitaria. El RITI (o el RITU, en los casos que proceda) estará a ser posible sobre la rasante; de estar a nivel inferior, se le dotará de sumidero con desagüe que impida la acumulación de aguas. El RITS estará preferentemente en la cubierta o azotea y nunca por debajo de la última planta del inmueble. En los casos en que pudiera haber un centro de transformación de energía próximo, caseta de maquinaria de ascensores o maquinaria de aire acondicionado, los recintos de instalaciones de telecomunicaciones se distanciarán de éstos un mínimo de 2 metros, o bien se les dotará de una protección contra campo electromagnético prevista en el apartado 7.3 de estas especificaciones técnicas.

Se evitará, en la medida de lo posible, que los recintos se encuentren en la proyección vertical de canalizaciones o desagües y, en todo caso, se garantizará su protección frente a la humedad.

5.5.4 Ventilación

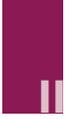
El recinto dispondrá de ventilación natural directa, ventilación natural forzada por medio de conducto vertical y aspirador estático, o de ventilación mecánica que permita una renovación total del aire del local al menos dos veces por hora.

5.5.5 Instalaciones eléctricas de los recintos

Se habilitará una canalización eléctrica directa desde el cuadro de servicios generales del inmueble hasta cada recinto, constituida por cables de cobre con aislamiento hasta 750 V y de $2 \times 6 + T \text{ mm}^2$ de sección mínimas, irá en el interior de un tubo de 32 mm de diámetro mínimo o canal de sección equivalente, de forma empotrada o superficial.

La citada canalización finalizará en el correspondiente cuadro de protección, que tendrá las dimensiones suficientes para instalar en su interior las protecciones mínimas, y una previsión para su ampliación en un 50 por 100, que se indican a continuación:

- a) Interruptor magnetotérmico de corte general: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca} , intensidad nominal 25 A, poder de corte 6 kA.
- b) Interruptor diferencial de corte omnipolar: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca} , frecuencia 50-60 Hz, intensidad nominal 25 A, intensidad de defecto 30 mA de tipo selectivo, resistencia de cortocircuito 6 kA.
- c) Interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para la protección del alumbrado del recinto: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca} , intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA.
- d) Interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para la protección de las bases de toma de corriente del recinto: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca} , intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA.



- e) En el recinto superior, además, se dispondrá de un interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para la protección de los equipos de cabecera de la infraestructura de radiodifusión y televisión: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca}, intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA.

Si se precisa alimentar eléctricamente cualquier otro dispositivo situado en cualquiera de los recintos, se dotará el cuadro eléctrico correspondiente con las protecciones adecuadas.

Los citados cuadros de protección se situarán lo más próximo posible a la puerta de entrada, tendrán tapa y podrán ir instalados de forma empotrada o superficial. Podrán ser de material plástico no propagador de la llama o metálico. Deberán tener un grado de protección mínimo IP 4X + IK 05. Dispondrán de un regletero apropiado para la conexión del cable de puesta a tierra.

En cada recinto habrá, como mínimo, dos bases de enchufe con toma de tierra y de capacidad mínima de 16 A. Se dotará con cables de cobre con aislamiento hasta 750 V y de $2 \times 2,5 + T$ mm² de sección. En el recinto superior se dispondrá, además, de las bases de enchufe necesarias para alimentar las cabezas de RTV.

En el lugar de centralización de contadores, deberá preverse espacio suficiente para la colocación de, al menos, dos contadores de energía eléctrica para su utilización por posibles compañías operadoras de servicios de telecomunicación. A tal fin, se habilitarán, al menos, dos canalizaciones de 32 mm de diámetro desde el lugar de centralización de contadores hasta cada recinto de telecomunicaciones, donde existirá espacio suficiente para que la compañía operadora de telecomunicaciones instale el correspondiente cuadro de protección que, previsiblemente, estará dotado con al menos los siguientes elementos:

- a) Hueco para el posible interruptor de control de potencia (I.C.P.)
- b) Interruptor magnetotérmico de corte general: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca}, intensidad nominal 25 A, poder de corte 6 kA.
- c) Interruptor diferencial de corte omnipolar: tensión nominal mínima 230/400 V_{ca}, frecuencia 50-60 Hz, intensidad nominal 25 A, intensidad de defecto 30 mA, resistencia de cortocircuito 6 KA.
- d) Tantos elementos de seccionamiento como se considere necesario.

5.5.6 Alumbrado

Se habilitarán los medios para que en los RIT exista un nivel medio de iluminación de 300 lux, así como un aparato de iluminación autónomo de emergencia.

5.5.7 Identificación de la instalación

En todos los recintos de instalaciones de telecomunicación existirá una placa de dimensiones mínimas de 200 x 200 mm (ancho x alto), resistente al fuego y situada en lugar visible entre 1.200 y 1.800 mm de altura, donde aparezca el número de registro asignado por la Jefatura Provincial de Inspección de Telecomunicaciones al proyecto técnico de la instalación.

5.6 Registros principales

El registro principal para TB + RDSI debe tener las dimensiones suficientes para alojar las regletas del punto de interconexión, así como las guías y soportes necesarios para el encaminamiento de cables y puentes, teniendo en cuenta que el número de pares de las regletas de salida será igual a la suma total de los pares de la red de distribución y que el de las regletas de entrada será 1,5 veces el de salida, salvo en el caso de edificios o conjuntos inmobiliarios con un número de PAU igual o menor que 10, en los que será, como mínimo, dos veces el número de pares de las regletas de salida. En cuanto a los registros principales para TLCA, y SAFI, tendrán las dimensiones necesarias para albergar los elementos derivadores y distribuidores que proporcionan señal a los distintos usuarios.

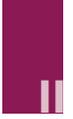
Los registros principales de los distintos operadores estarán dotados con los mecanismos adecuados de seguridad que eviten manipulaciones no autorizadas de los mismos.

5.7 Canalización principal

En el caso de inmuebles de viviendas, la canalización principal deberá ser rectilínea, fundamentalmente vertical y de una capacidad suficiente para alojar todos los cables necesarios para los servicios de telecomunicación del inmueble. Cuando el número de usuarios (viviendas, oficinas o locales comerciales) por planta sea superior a 8, se dispondrá más de una distribución vertical, y atenderá cada una de ellas a un número máximo de 8 usuarios por planta, salvo en la parte de canalización principal que une el RITI con los cuartos de contadores, que será independiente del número de usuarios por planta. En inmuebles con distribución en varias verticales, cada vertical tendrá su canalización principal independiente, y partirán todas ellas del recinto de instalaciones de telecomunicación común para todas, tal y como se contempla en la [Figura 5](#) de estas especificaciones técnicas. Para una edificación o conjunto de edificios, con canalización principal compuesta de varias verticales, se garantizará la continuidad de los servicios a todo el inmueble o conjunto, desde la vertical que une directamente el RITI y el RITS.

En general, las canalizaciones principales deberán unir los recintos superior e inferior. No obstante, en el caso de varias escaleras o bloques de viviendas en las que se instale una ICT-T común para todas ellas y con características constructivas que supongan distintas alturas de las escaleras o bloques de viviendas, cubiertas inclinadas de teja, existencia de viviendas dúplex en áticos, azoteas privadas y, en general, condicionantes que imposibiliten el acceso y la instalación de la canalización principal de unión de los recintos, las canalizaciones principales que correspondan a escaleras donde no esté ubicado el RITS, finalizarán en el registro secundario de la última planta según se contempla en la [Figura 6](#) de estas especificaciones técnicas. Serán empotradas y podrán materializarse mediante tubos o galería vertical, alojándose, en este último caso, en ella exclusivamente redes de telecomunicación. La canalización discurrirá próxima al hueco de ascensores o escalera. Para el dimensionamiento de esta canalización, se considerará por separado la parte correspondiente a los servicios de Hogar Digital de la del resto de servicios de telecomunicaciones.

En el caso de viviendas unifamiliares, la canalización deberá ser lo más rectilínea posible y con capacidad suficiente para alojar todos los cables necesarios para los servicios de telecomunicación, que incluirá la ICT-T. Cada canalización principal atenderá a un número de viviendas similar al del caso anterior. Podrán estar enterradas o empotradas y materializarse mediante tubos o galerías, alojándose, en este último caso, en ellas exclusivamente redes de telecomunicación, y discurrirán, siempre que sea razonable, por la zona común y en cualquier caso por zonas accesibles.



5.7.1 Canalización con tubos

Para los servicios de Hogar Digital, se dispondrá un tubo de 20 mm. desde el RITI a cada uno de los cuartos de contadores del inmueble.

Para el resto de servicios de telecomunicaciones, su dimensionamiento se hará con tubos de 50 mm. de diámetro y de pared interior lisa. En los casos en que por un mismo tubo vayan varios cables, el número de cables por tubo será tal que la suma de las superficies de las secciones transversales de todos ellos no superará el 40% de la superficie de la sección transversal útil del tubo. El número mínimo de tubos se determinará de la siguiente manera:

Para TB (o TB + RDSI por los mismos pares), un tubo por cada cable multipar de la red de distribución o, para el caso de verticales con 25 o menos pares, los tubos necesarios, teniendo en cuenta que por cada tubo se instalarán como máximo 12 cables de acometida interior de 4 pares.

En el caso de que el proyecto de red incorpore accesos primarios de RDSI que empleen cable especial, se dispondrán los tubos que sean precisos para este fin.

Para TLCA y SAFI, el número de tubos se determinará considerando uno por cada 10 PAU (nota1) o fracción, con un mínimo de 2.

Para RTV, se instalarán al menos dos tubos, con la condición antes indicada de que la suma de la superficie de las secciones transversales de todos los cables que se prevea instalar en cada tubo, no supere el 40% de la sección transversal del tubo.

El número mínimo de tubos de reserva será de uno por cada 10 PAU (nota 1) o fracción, con un mínimo de 2.

Los tramos horizontales de la canalización principal que unen distintas verticales se dimensionarán con la capacidad suficiente para alojar los cables necesarios para los servicios que se distribuyan.

5.7.2 Canalización con galerías

Para los servicios de Hogar Digital, se dimensionará una galería desde el RITI a cada uno de los cuartos de contadores del inmueble.

Para el resto de servicios de telecomunicaciones, se dimensionarán cinco compartimentos independientes, asignándose de la siguiente forma:

- ❑ Uno para el servicio de TB+RDSI.
- ❑ Dos para el servicio de TLCA Y SAFI.
- ❑ Dos para el servicio de RTV.

Para su dimensionamiento, se aplicarán las reglas específicas de dimensionado de bandejas definidas en el apartado 5.4.1 de estas especificaciones técnicas, siendo el número de cables y su dimensión el determinado en el proyecto de red del inmueble.

El valor de S_j (mm²) se determinará de acuerdo con el diámetro de los cables multipares de la **Tabla 2** del apartado 5.1 del Anexo II.

En el caso de que por cada compartimento discurrieran más de ocho cables, estos se encintarán en grupos de ocho como máximo, identificándolos convenientemente.

La canalización principal se instalará, siempre que la edificación lo permita, en espacios previstos para el paso de instalaciones de este tipo, como galerías de servicio o pasos registrables en las zonas comunes del inmueble.

5.8 Registros secundarios

Los registros secundarios se ubicarán en zona comunitaria y de fácil acceso, y deberán estar dotados con el correspondiente sistema de cierre y, en los casos en los que en su interior se aloje algún elemento de conexión, dispondrá de llave que deberá estar en posesión de la propiedad del inmueble.

Se colocará un registro secundario en los siguientes casos:

- a) En los puntos de encuentro entre una canalización principal y una secundaria en el caso de inmuebles de viviendas, y en los puntos de segregación hacia las viviendas, en el caso de viviendas unifamiliares. Deberán disponer de espacios delimitados para cada uno de los servicios. Alojarse, al menos, los derivadores de la red de RTV, así como las regletas que constituyen el punto de distribución de TB + RDSI y el paso de cables TLCA y SAFI.
- b) En cada cambio de dirección o bifurcación de la canalización principal.
- c) En cada tramo de 30 m de canalización principal.
- d) En los casos de cambio en el tipo de conducción.

Las dimensiones mínimas serán:

1º) 450 x 450 x 150 mm (altura x anchura x profundidad)

En inmuebles de pisos, en los casos b) y c).

En viviendas unifamiliares, en los casos b) y c).

2º) 500 x 700 x 150 mm (altura x anchura x profundidad)

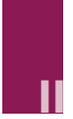
En el caso a), en inmuebles de pisos con un número de PAU (nota 1) igual o menor que 30.

En el caso a), en viviendas unifamiliares.

3º) 550 x 1000 x 150 mm (altura x anchura x profundidad)

En el caso a), en inmuebles de pisos con un número de PAU (nota 1) mayor de 30.

4º) Arquetas de 400 x 400 x 400 mm (longitud x anchura x profundidad)



En el caso b), cuando la canalización sea subterránea.

Si en algún registro secundario fuera preciso instalar algún amplificador o igualador, se utilizarán registros complementarios como los de los casos b) o c), sólo para estos usos.

5.9 Canalizaciones secundarias

Del registro secundario podrán salir varias canalizaciones secundarias que deberán ser de capacidad suficiente para alojar todos los cables para los servicios de telecomunicación de las viviendas a las que sirvan. La **Figura 7** recoge un ejemplo práctico de configuración típica de una canalización secundaria. Esta canalización será empotrada y se materializará mediante tubos.

En sus tramos comunitarios será como mínimo de 4 tubos, que se destinarán a lo siguiente:

- a) Uno para servicios de TB + RDSI.
- b) Uno para servicios de TLCA y SAFI
- c) Uno para servicios de RTV.
- d) Uno de reserva.

Su número para cada servicio y sus dimensiones mínimas se determinarán por separado de acuerdo con la **Tabla 7**.

Diámetro exterior del tubo (mm)	Número de cables de acometida interior de 4 pares para TB + RDSI	Número de cables de acometida exterior para TB + RDSI	Número de acometidas de usuario para TLCA y SAFI	Número de acometidas de usuario para RTV
25	1-3	2	2	2
32	4-6	3	6	6
40	7-8	4	8	8

Tabla 7

Cuando se precisen cables especiales para servicios de acceso primario de RDSI, éstos se ubicarán por los mismos conductos que la TB, y se contabilizarán como un cable de acometida interior adicional por cada usuario que tenga este servicio.

Para la distribución o acceso a las viviendas en inmuebles de pisos, se colocará en la derivación un registro de paso tipo A (ver apartado 5.10 de estas especificaciones técnicas) del que saldrán a la vivienda 3 tubos de 25 mm de diámetro exterior, con la siguiente utilización:

- a) Uno para servicios de TB+RDSI.
- b) Uno para servicios de TLCA y SAFI.
- c) Uno para servicios RTV.

Para el caso de inmuebles con un número de viviendas por planta inferior a seis o en el caso de vivien-

das unifamiliares, se podrá prescindir del registro de paso citado, por lo que las canalizaciones se establecerán entre los registros secundario y de terminación de red mediante 3 tubos de 25 mm de diámetro, cuya utilización será la indicada en el párrafo anterior.

Esta simplificación podrá ser efectuada siempre que la distancia entre dichos registros no supere los 15 metros; en caso contrario habrán de instalarse registros de paso que faciliten las tareas de instalación y mantenimiento.

5.10 Registros de paso

Los registros de paso son cajas con entradas laterales preiniciadas e iguales en sus cuatro paredes, a las que se podrán acoplar conos ajustables multidiámetro para entrada de conductos. Se definen tres tipos con las dimensiones mínimas, número de entradas mínimas de cada lateral y diámetro de las entradas indicada en la **Tabla 8**.

Tabla 8

	Dimensiones (mm) (altura x anchura x profundidad)	Nº de entradas en cada lateral	Diámetro máximo del tubo (mm)
Tipo A	360 x 360 x 120	6	40
Tipo B	100 x 100 x 40	3	32
Tipo C	100 x 160 x 40	3	32

Además de los casos indicados en el apartado anterior, se colocará como mínimo un registro de paso cada 15 m de longitud de las canalizaciones secundarias y de interior de usuario y en los cambios de dirección de radio inferior a 120 mm para viviendas ó 250 mm para oficinas. Estos registros de paso serán del tipo A para canalizaciones secundarias en tramos comunitarios, del tipo B para canalizaciones secundarias en los tramos de acceso a las viviendas y para canalizaciones interiores de usuario de TB + RDSI, y del tipo C para las canalizaciones interiores de usuario de TLCA, RTV y SAFI.

Se admitirá un máximo de dos curvas de noventa grados entre dos registros de paso.

Los registros se colocarán empotrados. Cuando vayan intercalados en la canalización secundaria, se ubicarán en lugares de uso comunitario, con su arista más próxima al encuentro entre dos paramentos a una distancia mínima de 100 mm.

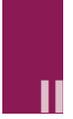
5.11 Registros de terminación de red

Estarán en el interior de la vivienda, local u oficina y empotrados en la pared; dispondrán de las entradas necesarias para la canalización secundaria y las de interior de usuario que accedan a ellos. Estarán integrados en un único cuadro para todos los servicios. Estos registros deberán tener tapa y unas dimensiones mínimas (altura x anchura x profundidad), en mm, de:

$$600 \times 500 \times 60$$

Estos registros se instalarán a más de 200 mm y menos de 2.300 mm del suelo .

Los registros para RDSI, TLCA y RTV y SAFI dispondrán de toma de corriente o base de enchufe.



5.12 Canalización interior de usuario

Estará realizada con tubos y utilizará configuración en estrella, generalmente con tramos horizontales y verticales. Los tubos serán de material plástico, corrugados o lisos, que irán empotrados por el interior de la vivienda, y unirán los registros de terminación de red con los distintos registros de toma, mediante al menos tres conductos, con un diámetro mínimo de 32 mm en uno de ellos y de 20 mm en los otros dos. La **Figura 7** recoge un ejemplo práctico de configuración típica de una canalización interior de usuario.

Para el caso de TB + RDSI acceso básico, esta unión se hará mediante un conducto de 32 mm. de diámetro, y se colocarán conductos adicionales del mismo diámetro en la medida necesaria.

Para el caso de RTV, la unión se hará mediante un conducto de 20 mm. de diámetro como mínimo.

Para el caso de TLCA y SAFI, la unión se hará mediante un conducto de 20 mm. de diámetro como mínimo.

Para los servicios de Hogar Digital, si el inmueble dispone de preinstalación domótica, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, se unirá el registro de terminación de red con el módulo de control domótico mediante un conducto de 20 mm. de diámetro como mínimo.

Si el inmueble no dispone de preinstalación domótica, las uniones del registro de terminación de red con los registros de toma, para los servicios de Hogar Digital, serán las siguientes:

Para los servicios de alarma de Hogar Digital, la unión se hará mediante un conducto de 20 mm. de diámetro como mínimo.

Para el servicio de control de presencia en la vivienda de Hogar Digital, la unión se hará mediante un conducto de 20 mm. de diámetro como mínimo.

5.13 Registros de toma

Irán empotrados en la pared. Estas cajas o registros deberán disponer para la fijación del elemento de conexión (BAT o toma de usuario) de, al menos, dos orificios para tornillos separados entre sí un mínimo de 60 mm, y tendrán, como mínimo, 42 mm de fondo y 64 mm en cada lado exterior.

En viviendas, para los servicios de Hogar Digital, cuando el inmueble no disponga de preinstalación domótica, habrá dos registros de toma en baños y cocina para las alarmas de agua y gas y uno en la entrada de la vivienda para el control de presencia.

Para el resto de servicios de telecomunicaciones en las viviendas, habrá tres registros de toma (uno para cada servicio: TB + RDSI acceso básico, TLCA y SAFI, y RTV), por cada estancia que no sean baños ni trasteros. Los de TLCA, SAFI y RTV de cada estancia estarán próximos.

En locales u oficinas, habrá un mínimo de tres registros de toma, uno para cada servicio y se fijará el número de registros definitivo en el proyecto de ICT-T, en función de la superficie o de la distribución por estancias.

Los registros de toma tendrán en sus inmediaciones (máximo 500 mm) una toma de corriente alter-

na, o base de enchufe.

6 MATERIALES

6.1 Arquetas de entrada y registros de acceso

Deberán soportar las sobrecargas normalizadas en cada caso y el empuje del terreno. La tapa de las arquetas deberá cumplir con la norma UNE-EN 124 para dispositivos de cubrimiento. Deberán tener un grado de protección IP55. Las arquetas de entrada, además, dispondrán de cierre de seguridad y de dos puntos para tendido de cables en paredes opuestas a las entradas de conductos situados a 150 mm del fondo, que soporten una tracción de 5 kN.

Los registros de acceso se podrán realizar:

- a) Practicando en el muro o pared de la fachada un hueco de las dimensiones de profundidad indicadas en el apartado 5.1, con las paredes del fondo y laterales perfectamente enlucidas. Deberán quedar perfectamente cerrados con una tapa o puerta, con cierre de seguridad, y llevarán un cerco que garantice la solidez e indeformabilidad del conjunto.
- b) Empotrando en el muro una caja con la correspondiente puerta o tapa.

En ambos casos los registros tendrán un grado de protección mínimo IP 55, según la EN 60529, y un grado IK 10, según UNE 50102. Se considerarán conformes los registros de acceso de características equivalentes a los clasificados anteriormente, que cumplan con la norma UNE EN 50298.

6.2 Conductos

6.2.1 Tubos

Serán de material plástico no propagador de la llama, salvo en la canalización de enlace, en la que podrán ser también metálicos resistentes a la corrosión. Los de las canalizaciones externa, de enlace, principal y secundaria serán de pared interior lisa.

Todos los tubos vacantes estarán provistos de guía para facilitar el tendido de las acometidas de los servicios de telecomunicaciones entrantes al inmueble. Dicha guía será de alambre de acero galvanizado de 2 mm de diámetro o cuerda plástica de 5 mm de diámetro, sobresaldrá 200 mm en los extremos de cada tubo y deberá permanecer aún cuando se produzca la primera ocupación de la canalización.

Las características mínimas que deben reunir los tubos son las que se pueden ver en la [Tabla 9](#).



Características	Tipo de tubos		
	Montaje superficial	Montaje empotrado	Montaje enterrado
Resistencia a la compresión	≥ 1250 N	≥ 320 N	≥ 450 N
Resistencia al impacto	≥ 2 Joules	≥ 1 Joule para R ≥ 320 N ≥ 2 Joule para R ≥ 320 N	≥ 15 Joules
Temperatura de instalación y servicio	-5 ≤ T ≤ 60°C	-5 ≤ T ≤ 60°C	-5 ≤ T ≤ 60°C
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	Protección interior y exterior media	Protección interior y exterior media	Protección interior y exterior media
Propiedades eléctricas	Aislante	—	—
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	No propagador	—

Tabla 9

La rigidez dieléctrica mínima de los tubos será 15 Kv/mm.

Se presumirán conformes con las características anteriores los tubos que cumplan la serie de normas UNE EN 50086.

6.2.2 Bandejas y sus accesorios

Los sistemas de conducción de cables tendrán como características mínimas, para aplicaciones generales, las indicadas en la [Tabla 10](#).

Se presumirán conformes con las características anteriores las bandejas que cumplan la norma UNE EN 61537.

Características	Bandejas
Resistencia al impacto	Media/ 2 Joules
Temperatura de instalación y servicio	-5 ≤ T ≤ 60°C
Continuidad eléctrica	Aislante
Resistencia a la corrosión	Protección interior y exterior media
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador

Tabla 10

6.3 Registros de enlace

Se considerarán conformes los registros de enlace de características equivalentes a los clasificados según la [Tabla 11](#), que cumplan con la UNE 20451 o con la UNE EN 50298. Cuando estén en el exterior de los edificios serán conformes al ensayo 8.11 de la citada norma.

		Interior	Exterior
UNE EN 60529	1ª cifra	3	5
	2ª cifra	X	5
UNE EN 50102	IK	7	10

Tabla 11

6.4 Armarios para recintos modulares

En el caso de utilización de armarios para implementar los recintos modulares, éstos tendrán un grado de protección mínimo IP 55, según EN 60529, y un grado IK 10, según UNE EN 50102, para ubicación en exterior, e IP 33, según EN 60529, y un grado IK.7, según UNE EN 50102, para ubicación en el interior, con ventilación suficiente debido a la existencia de elementos activos.

6.5 Registro principal

Se considerarán conformes los registros principales para TB+RDSI y TLCA + SAFI de características equivalentes a los clasificados según la siguiente **Tabla 12**, que cumplan con la norma UNE 20451 o con la norma UNE EN 50298. Cuando estén en el exterior de los edificios serán conformes al ensayo 8.11 de la citada norma. Su grado de protección será el indicado en la **Tabla 12**.

Tabla 12

		Interior	Exterior
UNE EN 60529	1ª cifra	3	5
	2ª cifra	X	5
UNE EN 50102	IK	7	10

6.6 Registros secundarios

Se podrán realizar bien practicando en el muro o pared de la zona comunitaria de cada planta (descansillos) un hueco de 150 mm de profundidad a una distancia mínima de 300 mm del techo en su parte más alta. Las paredes del fondo y laterales deberán quedar perfectamente enlucidas y, en la del fondo, se adaptará una placa de material aislante (madera o plástico) para sujetar con tornillos los elementos de conexión correspondientes. Deberán quedar perfectamente cerrados asegurando un grado de protección IP- 3X, según EN 60529, y un grado IK.7, según UNE EN 50102, con tapa o puerta de plástico o con chapa de metal que garantice la solidez e indeformabilidad del conjunto, o bien empotrando en el muro o montando en superficie, una caja con la correspondiente puerta o tapa que tendrá un grado de protección IP 3X, según EN 60529, y un grado IK.7, según UNE EN 50102. Para el caso de viviendas unifamiliares en las que el registro esté colocado en el exterior, el grado de protección será IP 55.10.

Se considerarán conformes los registros secundarios de características equivalentes a los clasificados anteriormente que cumplan con la UNE EN 50298 o con la UNE 20451.

6.7 Registros de paso, terminación de red y toma

Si se materializan mediante cajas, se consideran como conformes los productos de características equivalentes a los clasificados a continuación, que cumplan con la UNE 20451. Para el caso de los registros de paso también se considerarán conformes las que cumplan con la UNE EN 50298. Deberán tener un grado de protección IP 33, según EN 60529, y un grado IK.5, según UNE EN 50102. En todos los casos estarán provistos de tapa de material plástico o metálico.

7 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

7.1 Tierra local

El sistema general de tierra del inmueble debe tener un valor de resistencia eléctrica no superior a 10Ω respecto de la tierra lejana.

El sistema de puesta a tierra en cada uno de los recintos constará esencialmente de un anillo interior y cerrado de cobre, en el cual se encontrará intercalada, al menos, una barra colectora, también de cobre y sólida, dedicada a servir como terminal de tierra de los recintos. Este terminal será fácilmente accesible y de dimensiones adecuadas, estará conectado directamente al sistema general de tierra del inmueble en uno o más puntos. A él se conectará el conductor de protección o de equipotencialidad y los demás componentes o equipos que han de estar puestos a tierra regularmente.

Los conductores del anillo de tierra estarán fijados a las paredes de los recintos a una altura que permita su inspección visual y la conexión de los equipos. El anillo y el cable de conexión de la barra colectora al terminal general de tierra del inmueble estarán formados por conductores flexibles de cobre de un mínimo de 25 mm^2 de sección. Los soportes, herrajes, bastidores, bandejas, etc. metálicos de los recintos estarán unidos a la tierra local. Si en el inmueble existe más de una toma de tierra de protección, deberán estar eléctricamente unidas.

7.2 Interconexiones equipotenciales y apantallamiento

Se supone que el inmueble cuenta con una red de interconexión común, o general de equipotencialidad, del tipo mallado, unida a la puesta a tierra del propio inmueble. Esa red estará también unida a las estructuras, elementos de refuerzo y demás componentes metálicos del inmueble.

7.3 Compatibilidad electromagnética entre sistemas en el interior de los recintos de instalaciones de telecomunicaciones

Al ambiente electromagnético que cabe esperar en los recintos, la normativa internacional (ETSI y UIT) le asigna la categoría ambiental clase 2. Por tanto, en lo que se refiere a los requisitos exigibles a los equipamientos de telecomunicación de un recinto con sus cableados específicos, por razón de la emisión electromagnética que genera, se estará a lo dispuesto en la Directiva sobre compatibilidad electromagnética (Directiva 89/336/CEE). Para el cumplimiento de los requisitos de esta directiva podrán utilizarse como referencia las normas armonizadas (entre ellas la ETS 300386) que proporcionan presunción de conformidad con los requisitos en ellas incluidos.

8 REQUISITOS DE SEGURIDAD ENTRE INSTALACIONES

Como norma general, se procurará la máxima independencia entre las instalaciones de telecomunicación y las del resto de servicios. Los cruces con otros servicios se realizarán preferentemente pasando las canalizaciones de telecomunicación por encima de las de otro tipo. Los requisitos mínimos serán los siguientes:



- a) La separación entre una canalización de telecomunicación y las de otros servicios será, como mínimo, de 100 mm para trazados paralelos y de 30 mm para cruces.
- b) Si las canalizaciones principales se realizan con galerías para la distribución conjunta con otros servicios que no sean de telecomunicación, cada uno de ellos se alojará en compartimentos diferentes.

La rigidez dieléctrica de los tabiques de separación de estas canalizaciones conjuntas deberá tener un valor mínimo de 15 kV/mm (según norma UNE EN 60243). Si son metálicas, se pondrán a tierra.

En el caso de infraestructuras comunes que incorporen servicios de RDSI, en lo que se refiere a requisitos de seguridad entre instalaciones, se estará a lo dispuesto en el apartado 8.4 de la Norma técnica de infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso al servicio de telefonía disponible al público.

Nota 1: Aun cuando a cada servicio le corresponde un punto de acceso al usuario, en los apartados de este anexo en los que se incluye una referencia a esta nota, se entenderá un único punto de acceso al usuario por cada vivienda, oficina o local comercial.

Figura 1
Esquema general de una ICT.

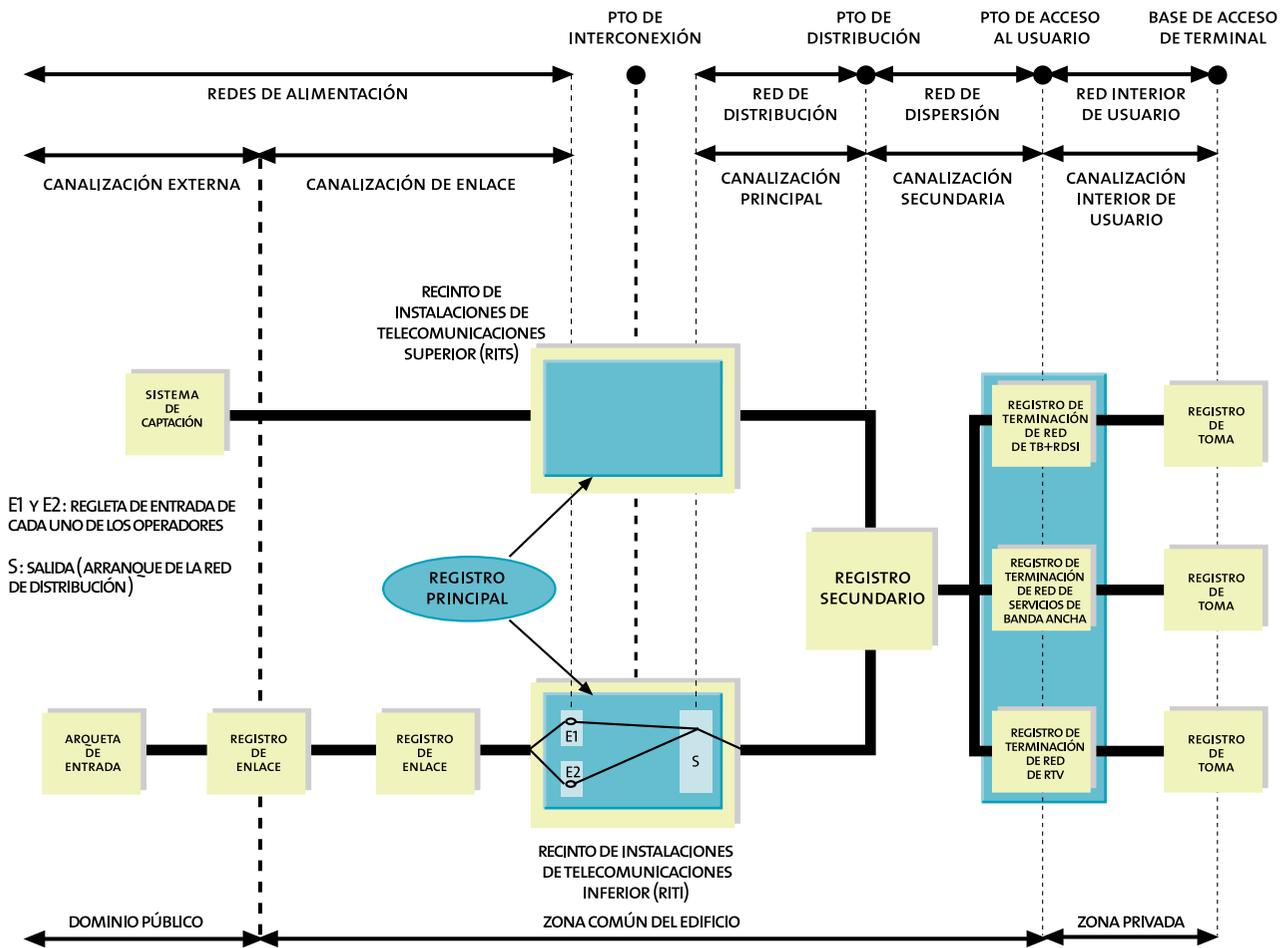
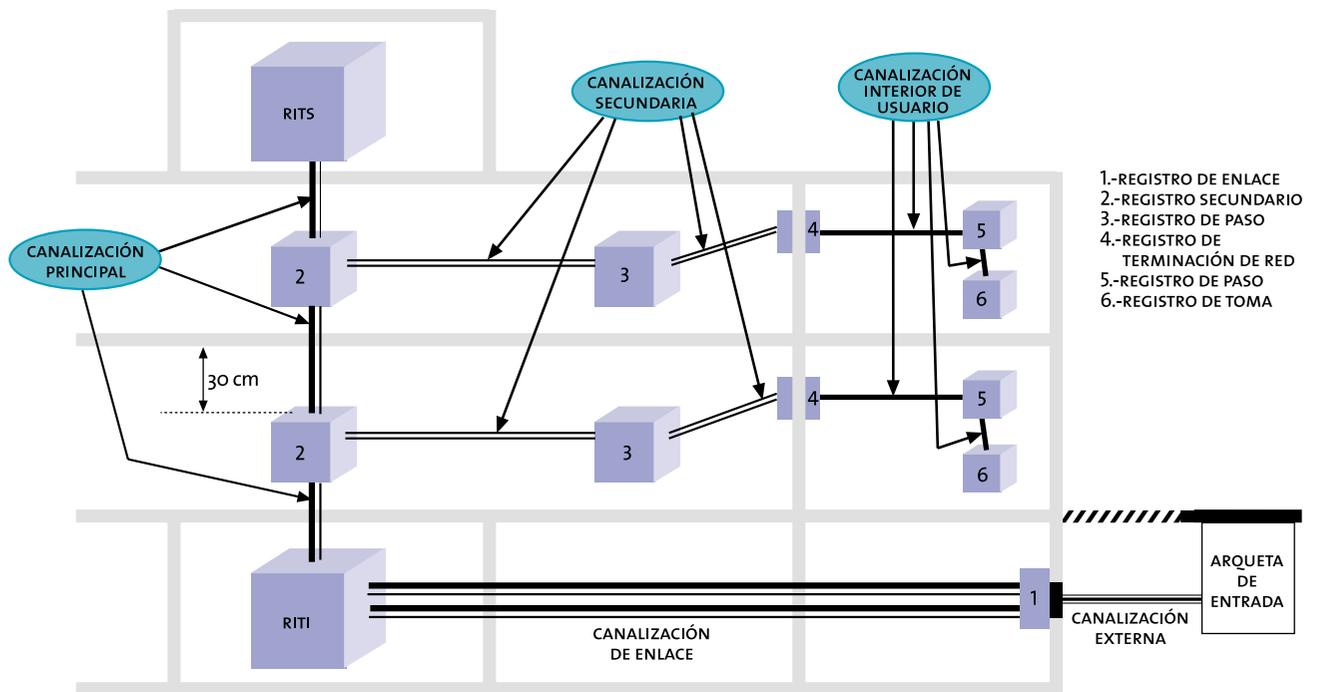




Figura 2:
Esquema de canalizaciones para inmuebles de pisos.



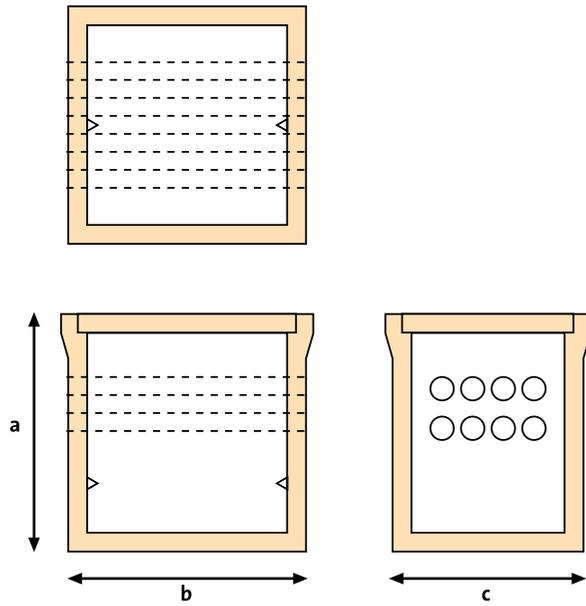
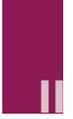
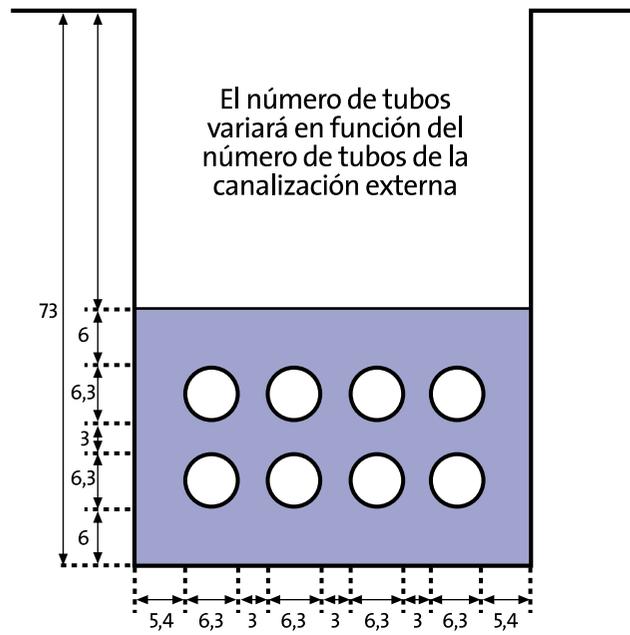


Figura 3:
Dimensiones mínimas de la arqueta de entrada en función del número de PAU (Nota 1) del inmueble).

Número de PAU (nota 1) del inmueble	Dimensiones en mm		
	Longitud (b)	Anchura (c)	Profundidad (a)
Hasta 20	400	400	600
De 21 a 40	600	600	800
Mas de 40	800	700	820



Figura 4:
Ejemplo de sección transversal
de canalización de enlace
subterránea de 8 tubos.



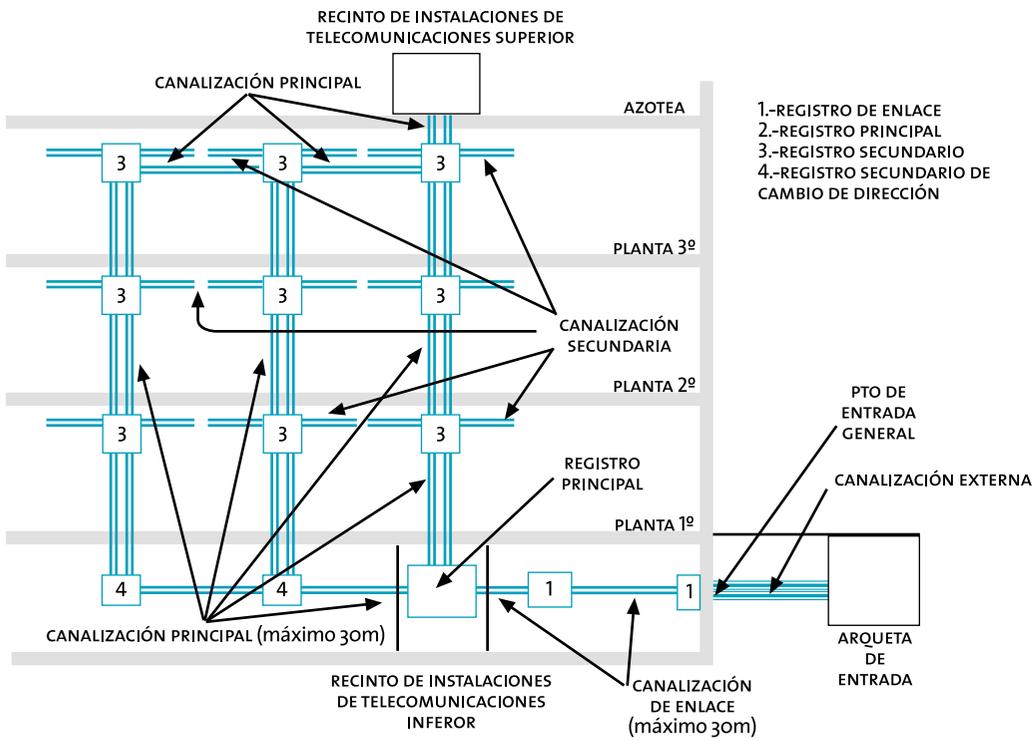
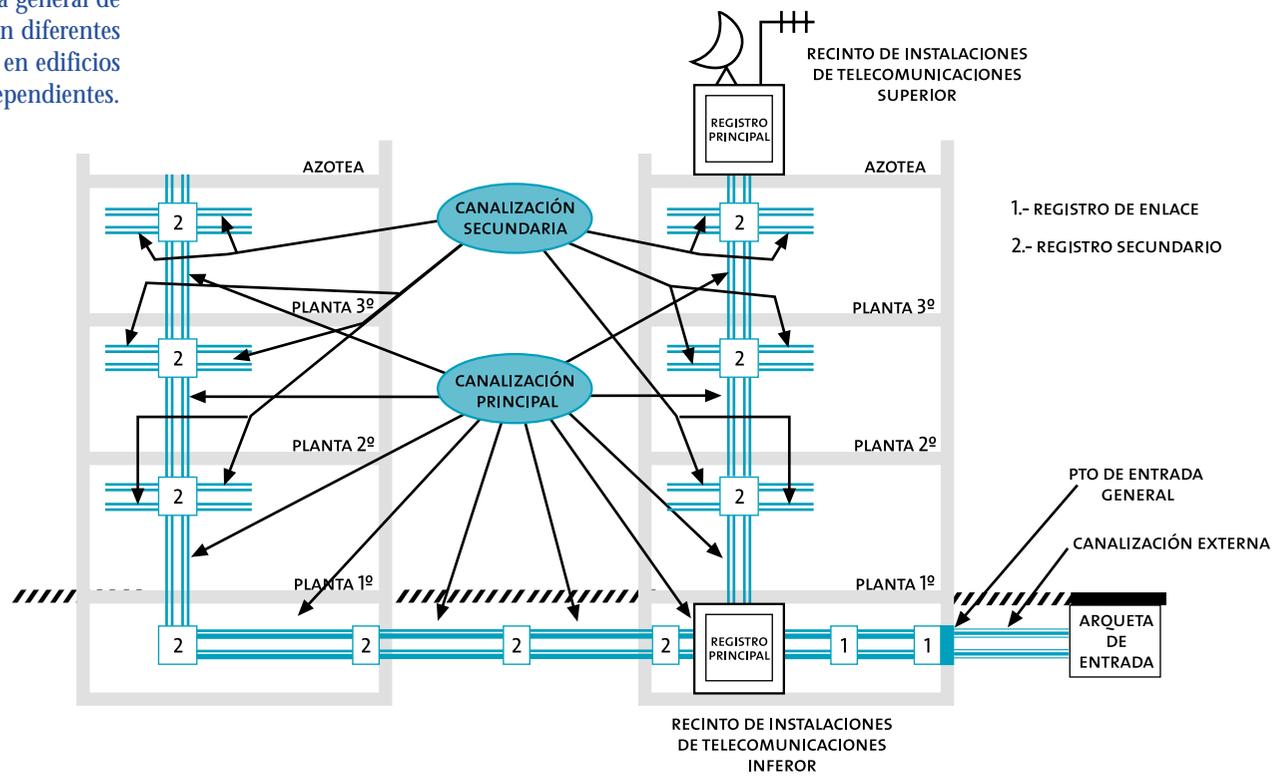


Figura 5:
 Esquema general de canalización con varias verticales.

Figura 6:
Ejemplo de esquema general de canalización con diferentes verticales en edificios independientes.



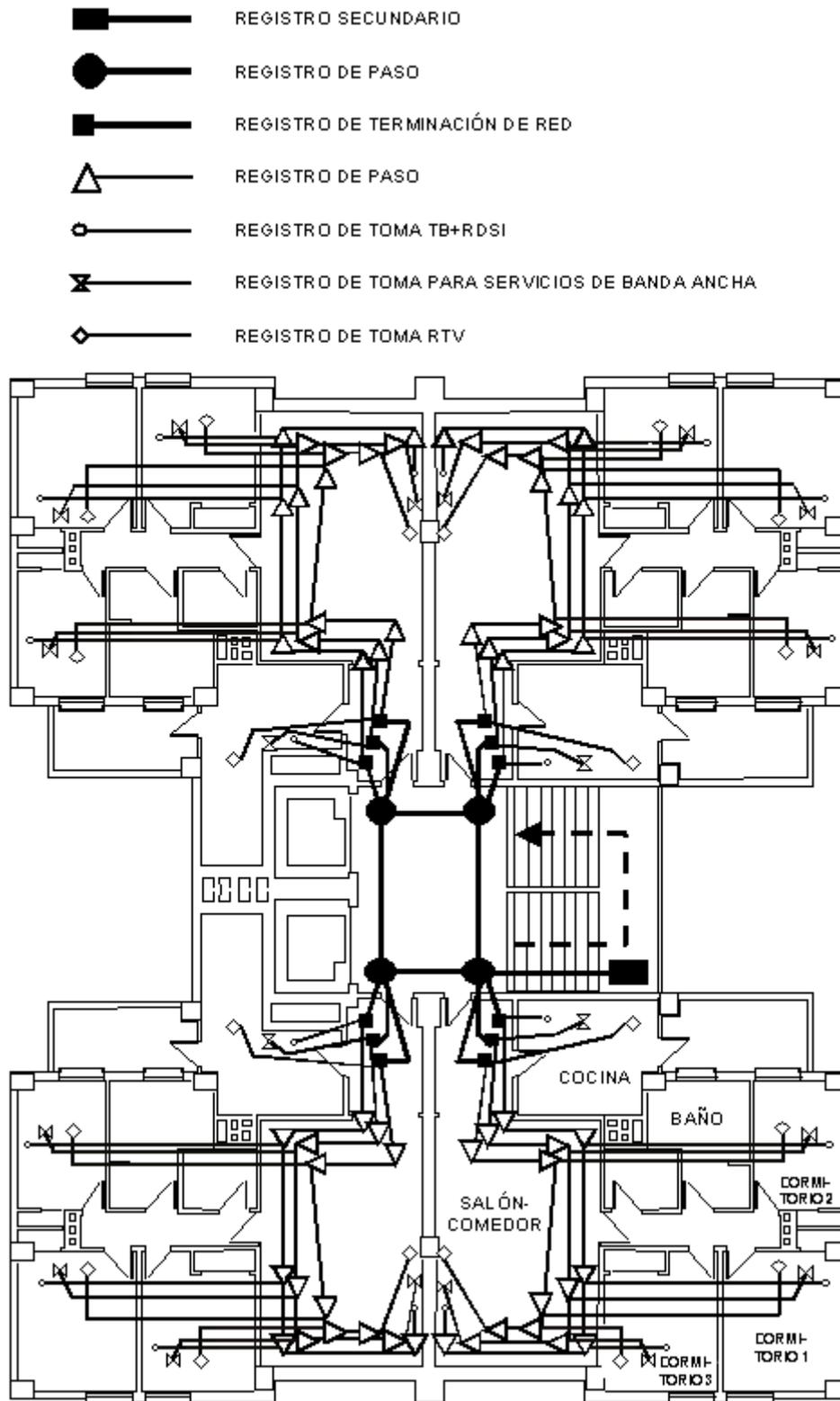
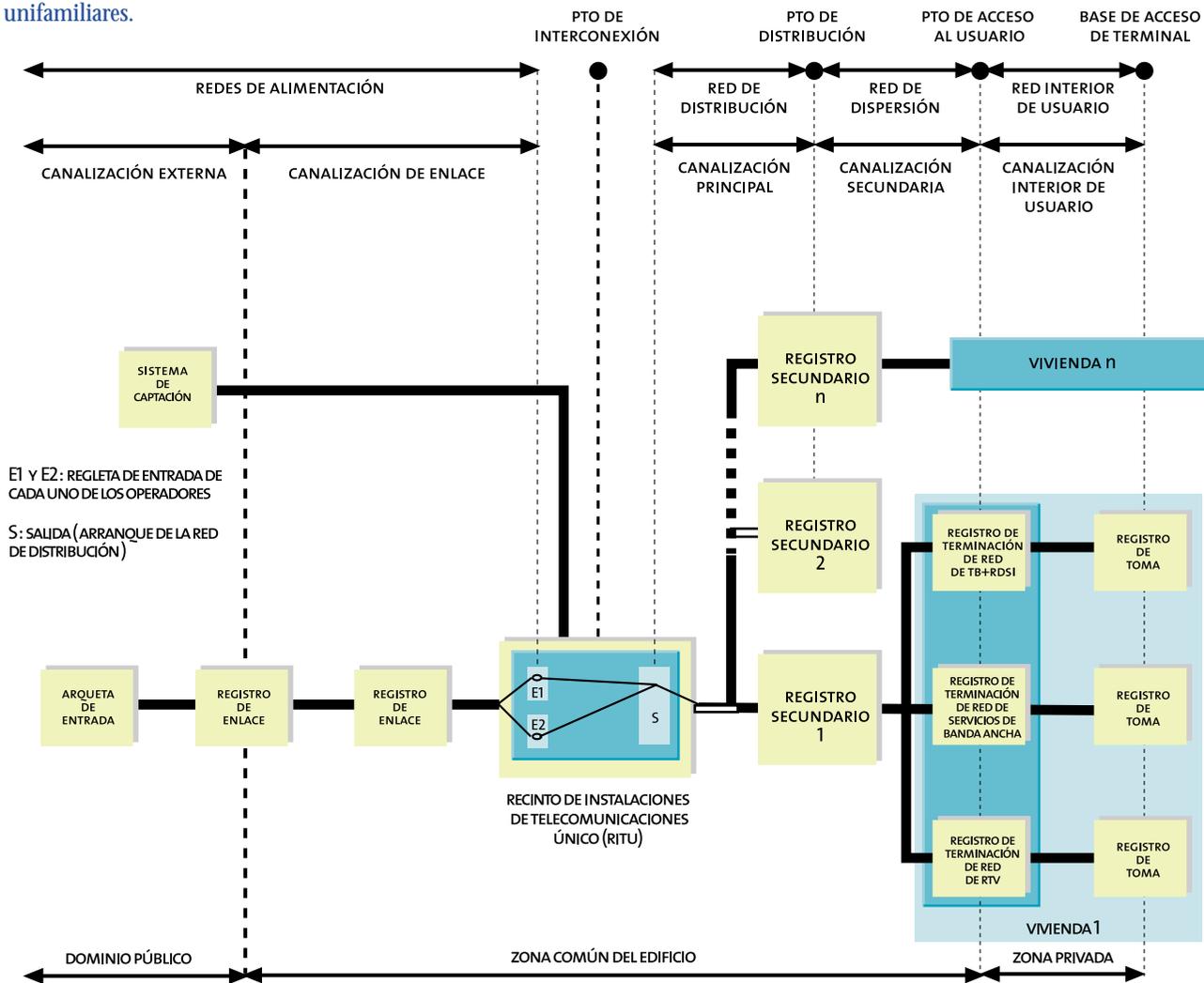


Figura 7:
Canalización secundaria y red interior de usuario.

Figura 8:
Esquema general de una ICT para agrupaciones de viviendas unifamiliares.



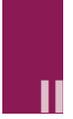
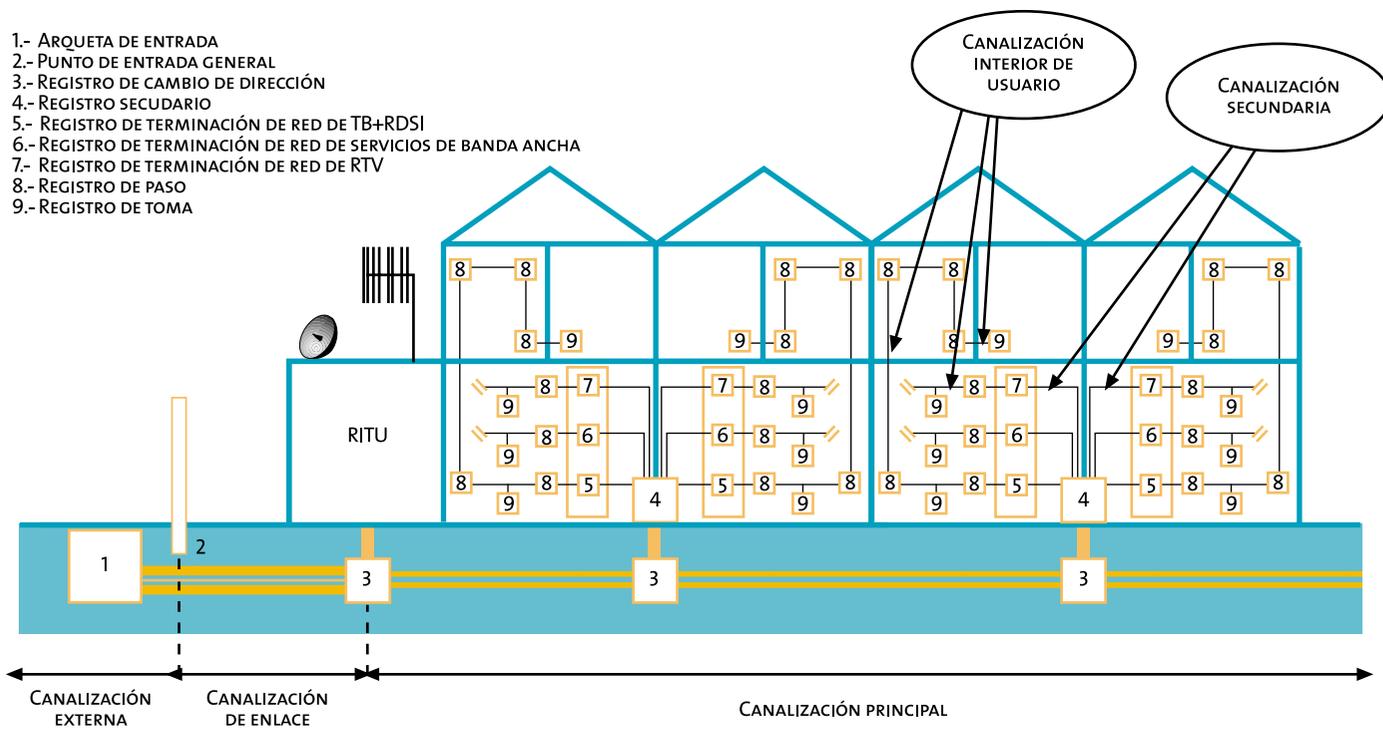
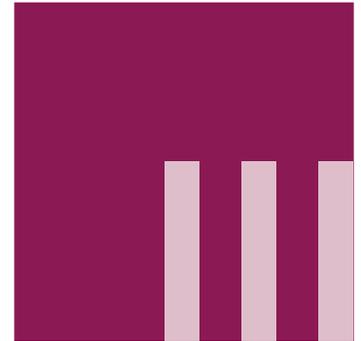


Figura 9:
Ejemplo de infraestructura para viviendas unifamiliares.





Apéndice III. Canal Online de Hogar Digital: Área Domótica de PaginasAmarillas.es



CANAL ONLINE DE HOGAR DIGITAL: ÁREA DOMÓTICA DE PAGINASAMARILLAS.ES

Hoy en día el mercado del hogar inteligente se encuentra en un estado incipiente. Existen iniciativas independientes que permiten disponer de algunas de las posibilidades que ofrece la domótica, pero con un bajo grado de integración. Es decir, comienza a haber una oferta emergente.

Por otro lado los usuarios cada vez demandan más servicios de este tipo, por la imagen innovadora que conllevan, y por la comodidad que proporcionan.

TPI-Páginas Amarillas ha decidido a poner en contacto la oferta con la demanda. Y ante la identificación de un nuevo mercado, ya ofrece a los anunciantes relacionados con la domótica una nueva oportunidad de llegar a los usuarios, y a los usuarios una oportunidad de encontrar, en un entorno adecuado, toda la oferta comercial en España especializada en hogar inteligente.

Para ello, TPI ha incorporado a su red de *sites* una página web enfocada al Hogar Digital: <http://domotica.PaginasAmarillas.es>, que se muestra en la **Figura III.1**. En esta página web cualquier usuario puede encontrar, para cualquier actividad relacionada con el Hogar Digital inteligente, la más amplia oferta comercial en España, desde instaladores eléctricos hasta sistemas de seguridad inteligente.

La estructura del Área Domótica de PaginasAmarillas.es garantizará en todo momento al usuario la posibilidad de acceder a los contenidos de una manera intuitiva y sencilla.

Figura III.1:
Área domótica de
PaginasAmarillas.es





El Área Domótica está formado por las siguientes secciones:

- A. Mundo Domótica
- B. Buscador de Empresas Relacionadas con Domótica
- C. Tienda Domótica
- D. Casa e Innovación
- E. Emulador Domótica
- F. Libro Blanco y Sello Domótico
- G. Noticias Nuevas Tecnologías
- H. Encuesta de NT
- I. FAQs (*Frequently Asked Questions*)

A. Mundo Domótica

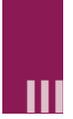
La sección de mundo domótica contiene novedades y artículos de interés o relacionados con la domótica. Esta sección tendrá además su propio buscador de noticias

B. Buscador de Empresas

El buscador de empresas está segmentado en los principales sectores relacionado con la domótica disponibles en Páginas Amarillas. Ofrece un entorno amigable para poner en contacto la oferta y la demanda de servicios y soluciones dentro del sector.

Los principales sectores incluidos en el buscador son:

- Promotores inmobiliarios, estudios de arquitectura
- Instaladores de infraestructuras (Informática, Electrónica)
- Fabricantes de equipos (Equipos Hogar, Fabricantes pasarelas)
- Proveedores de servicios de telecomunicaciones (Internet, Telcos)
- Proveedor de servicios (Distribución comercial)
- Empresas de seguridad (Alarmas, Equipos)
- Empresas de reformas
- Domótica (Empresas específicas)



C. Tienda Domótica

Para internautas que estén interesados en equipos digitales especiales se ofrece al usuario toda la información que necesita para tomar la decisión de comprar los productos más actuales. La tienda domótica es una sección especial de Canal Compras de Páginas Amarillas.

D. Casa e Innovación - Las Nuevas Tecnologías han entrado en los hogares.

En esta sección se muestran, ordenadas por categorías, soluciones de cómo gestionar las diferentes áreas que componen el Hogar Digital.

Aquí hay ejemplos que van desde lo más básico (alarmas, luces...) hasta lo más complejo (telepresencia para la gestión remota). Cada una de las secciones presenta ejemplos con fotos y videos, y en algunos casos *links* interesantes.



Figura III.2:
Imagen de la sección Casa e Innovación.

En la **Figura III.2** están identificadas las diferentes áreas de la casa:

- Cocina
- Salón
- Jardín
- Baño
- Seguridad
- Ocio
- Sistemas
- Tejado

E. Emulador Domótica:

A través de una casa “virtual” (emulador domótica, tal y como se muestra en la **Figura III.3**) los internautas pueden ver y ejecutar algunas de las funciones domóticas que existen. Aparece un escenario en 3D y con cinco funciones domóticas: Persianas, Riego, Luces, Alarma, y Temperatura. Estas fun-

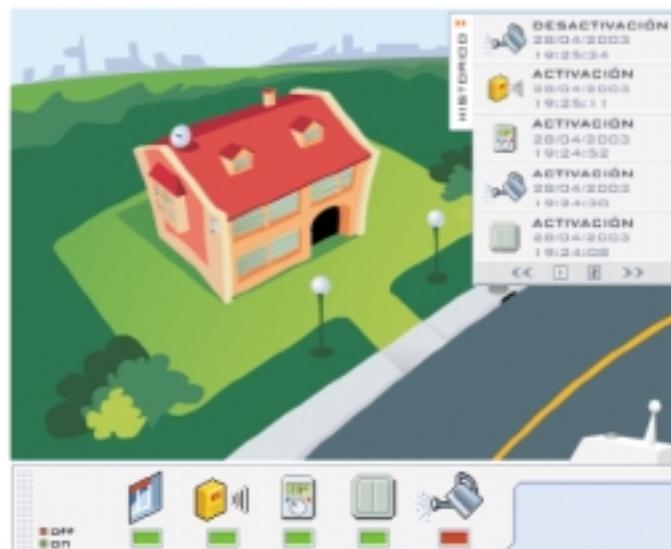


Figura III.3:
Emulador Domótica.



ciones se podrán activar tanto desde la Web, como mediante WAP y SMS.

F. Libro Blanco y Sello Domótico

Las empresas interesadas en el Libro Blanco del Hogar Digital pueden encontrar aquí información del libro y descargarse una versión en formato electrónico.

Por otra parte las empresas que ofrezcan productos y servicios domóticos pueden encontrar aquí información de cómo certificarse para el Sello Domótico (Anexo B). El Sello Domótico es una iniciativa entre Telefónica, Gas Natural SGD, Securitas e Iberdrola junto con CEDOM (Asociación Española de Domótica) con la intención de definir un proceso conjunto de certificación domótica. Con esta iniciativa, estas compañías y CEDOM pretenden impulsar el desarrollo e implantación de soluciones domóticas en los hogares españoles.

G. Noticias Nuevas Tecnologías

En colaboración con Europa Press se proporcionan las últimas noticias relacionadas con la nuevas tecnologías incluyendo eventos de domótica.

H. Encuestas Online Relacionadas con Domótica

También se ofrece a los internautas la posibilidad de participar en encuestas online sobre temas de actualidad relacionados con las nuevas tecnologías y domótica. Al votar se muestra el porcentaje de resultados. En la sección Mundo Domótica se publican resultados de encuestas anteriores.

I. FAQs (*Frequently Asked Questions*)

A través la sección de FAQs se incluirán las respuestas a las preguntas más frecuentes sobre la domótica y un diccionario con la terminología mas común.

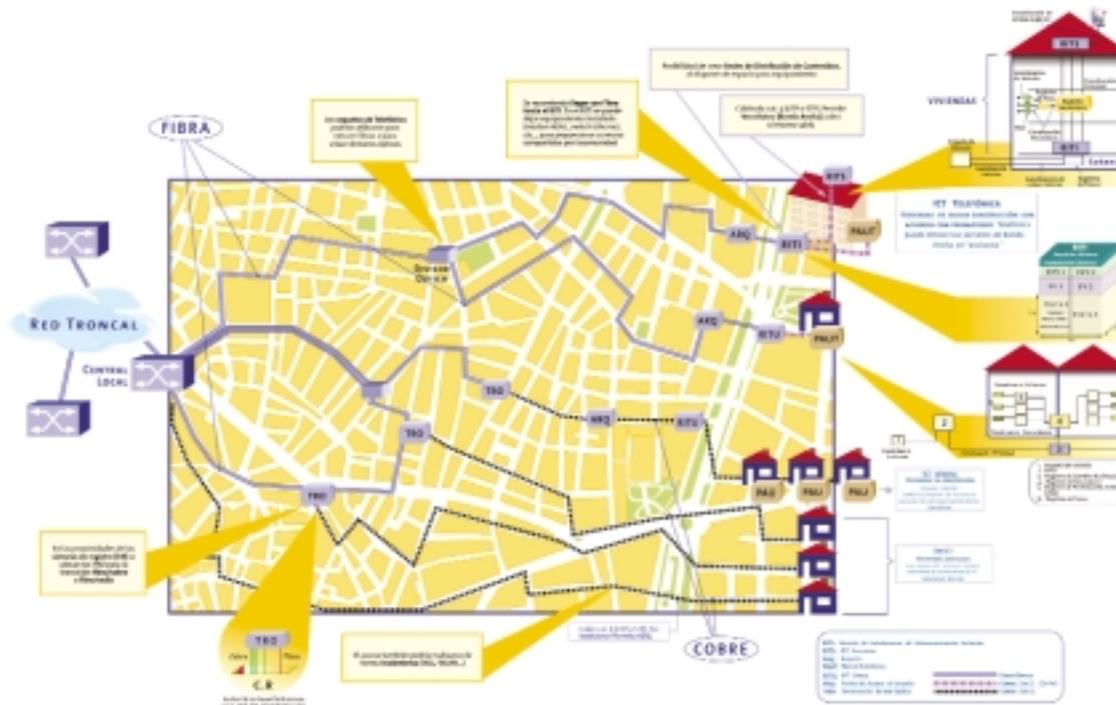
Apéndice IV. Descripción técnica de las tecnologías para las redes domésticas



El objetivo de este apéndice es describir, de forma resumida, las características principales de las tecnologías que se aplican actualmente en las redes interiores para el hogar. Este documento, por tanto, está orientado a usuarios con algunos conocimientos técnicos sobre telecomunicaciones.

El desarrollo masivo de los accesos de Banda Ancha con conectividad permanente (always-on) está posibilitando la conexión de redes internas y externas en el hogar, con la consecuente transformación de los hábitos de vida y consumo, que se dirigen cada vez más hacia en mundo “on-line”. El grado de equipamiento digital y el consumo de bienes de este tipo en el Hogar son actualmente muy significativos. Por tanto, es necesario que exista una estrecha correspondencia entre las tecnologías de acceso (outdoor), y las que se utilizan dentro del domicilio. La **Figura IV.1** resume, a modo de introducción, las distintas opciones tecnológicas que es posible emplear en la actualidad.

Figura IV.1:
Distintas opciones de acceso a las comunicaciones.



Fuente: Demostrador de Hogar Digital de Telefónica I+D (C/Emilio Vargas, 6)

IV.1 IEEE 1394

Este estándar se originó en 1986 por un grupo de ingenieros de Apple Computer que le pusieron el nombre comercial de FireWire, haciendo referencia a sus velocidades de operación. La primera especificación de este enlace se finalizó en 1987 y en 1995 se adoptó como el estándar IEEE 1394. El nombre del estándar se debió a que el Comité de estándares de IEEE trató de unificar varios estándares relativos a implementaciones para comunicaciones serie por bus. Como se habían considerado 1393 estándares se adoptó el nombre de IEEE 1394. De forma informal este estándar se conoce como 1394.

La Asociación TA 1394 (*Trade Association*) se fundó en 1994 para dar soporte en el desarrollo de sistemas que se pudieran conectar a otros a través de un único enlace multimedia serie. Actualmente la Asociación la constituyen más de 170 miembros y este número está aumentando puesto que cada semana una nueva compañía pasa a formar parte del TA 1394. Algunas de las empresas que forman parte de esta Asociación son Sony, Intel, Microsoft, JVC, IBM, Matsushita, Compaq, NEC, Philips, y Samsung.

Los directores de la Asociación son voluntarios elegidos de entre los miembros de la Asociación. La oficina principal de la TA 1394 se encuentra en Santa Clara, California.

La tecnología IEEE 1394 permite la conexión de ordenadores, periféricos, impresoras, VCR (*Video Cassette Recorder*), televisores, cámaras digitales, etc. de una forma muy sencilla. Actualmente existe un gran número de productos IEEE 1394, así como infraestructuras que dan soporte a los productos: conectores, cables, equipos de test, modelos de emulación, etc.

La tecnología IEEE 1394 se denomina FireWire, que es el nombre acuñado por Apple en sus inicios. Otros conocen esta tecnología como i.Link que es la marca de Sony, cuyo objeto era hacer más amigable la tecnología IEEE 1394 para las industrias de ordenadores y dispositivos CE (*Consumer Electronics*). Por tanto, IEEE 1394, FireWire e iLink son denominaciones dadas a una misma tecnología.

Debido a su versatilidad, IEEE 1394 conlleva la necesidad de definir una serie de especificaciones que gobiernan cada uno de los aspectos de su uso. Existen más de 70 documentos que intentan definir las características de los dispositivos basados en IEEE 1394. Esto indica la gran variedad de aplicaciones que permite esta tecnología. Sin embargo a pesar de la existencia de un gran número de documentos, sólo existen los siguientes documentos básicos:

- IEEE 1394-1995. Este documento, punto de partida de los demás estándares, define la arquitectura fundamental, los servicios, etc. Especifica los servicios de transporte fundamental y la arquitectura. Esta especificación inicial soporta velocidades de transmisión de datos de 100 a 400 Mbit/seg.
- IEEE 1394a. Este documento incluye correcciones a la especificación 1394-1995, especialmente en lo relativo a la capa física y detalles del software.
- IEEE 1394-b Poco después de que comenzara el proyecto 1394a un gran número de compañías establecieron las mejoras que se deberían hacer a la especificación en lo relativo a la velocidad y al alcance.
- IEEE 1394.1. Especifica las conexiones entre varios buses 1394. Esto permite que se comuniquen entre sí más de 63 nodos, y también disponer de sub-redes de mayor ancho de banda que se unan de forma conjunta sin que afecte a las prestaciones y características de toda la red

El resto de las especificaciones cubre aspectos relativos a las aplicaciones.

IV.1.1 Descripción técnica resumida

IEEE 1394 es un protocolo serie que soporta diferentes velocidades de transmisión dependiendo de su implementación. IEEE 1394 es un bus de alta velocidad con capacidad *plug-and-play* que elimina la necesidad de que los periféricos tengan su propia alimentación. Es el nexo de unión entre PCs y CEs (*Consumer Electronics*). Por ejemplo, un VCR digital se puede usar como un periférico para PC tanto para la reproducción de películas como para la grabación de vídeo que ha sido editado en el PC.

Debido a las altas velocidades que puede soportar IEEE 1394 es un estándar adecuado para aparatos A/V, de almacenamiento, impresoras, etc.

IEEE 1394 soporta una arquitectura modular que beneficia a los usuarios que pueden aprovechar las capacidades de expansión de este sistema para incluir nuevos periféricos al PC y aparatos CE.

IV.1.1.1 Características principales

Entre las características que contribuyen a la facilidad de utilización de 1394 es su capacidad *hot plug-in*. Los periféricos externos se pueden conectar al sistema sin necesidad de tener que apagar los equipos que existen en la estructura de red.

La escalabilidad es otra característica importante de IEEE 1394. Es posible que dispositivos que tiene diferentes tasas de datos puedan operar en el mismo bus al mismo tiempo.

A continuación se resumen las características más sobresalientes de 1394 son:

- ❑ Rápida transferencia de datos: 100, 200 o 400 Mbps
- ❑ Interfaz digital: No necesita convertir los datos digitales en analógicos.
- ❑ Pequeño físicamente: El cable es delgado sustituyendo a interfaces más grandes y caras.
- ❑ Fácil de usar: No necesita terminaciones, IDs de dispositivos o una configuración especial.
- ❑ *Hot pluggable*: Los usuarios pueden añadir o sustituir los dispositivos cuando el bus 1394 está activo.
- ❑ Arquitectura escalable: Permite mezclar dispositivos a 100, 200 y 400 Mbps en el bus.
- ❑ Auto-configuración: No necesita conmutadores de dirección.
- ❑ Topología flexible: Hasta 63 dispositivos en hasta 1023 buses con un máximo de 16 nodos de hasta 4,5 metros entre cada dispositivo.
- ❑ Gestión del bus: es eficiente tanto para configuraciones grandes como pequeñas.
- ❑ Transferencia de datos asíncronos e isócronos: Ancho de banda garantizado.

- ❑ Arquitectura de tres capas.
- ❑ Sistema de arbitrio justo: todos los nodos tiene un acceso apropiado al bus.
- ❑ Comunicación *peer-to-peer*.
- ❑ Coste de buffer reducidos.
- ❑ La extensión 1394 a al estándar mejora la eficiencia de la transferencia de datos y los mecanismos de arbitrio a la vez que mantiene la compatibilidad con la versión anterior del estándar.
- ❑ La extensión 1394b del estándar aumenta la tasa de señalización del estándar original permitiendo tasas de 800 Mbps, 1600 Mbps y superiores.

IV.1.1.2 Topología

El estándar 1394 es una tecnología basada en dos categorías de bus: backplane y cable. Ambas versiones son totalmente compatibles en la capa de enlace y capas superiores. Las señales transmitidas en las dos categorías de bus son NRZ (*Non Return Zero*) con codificación DS (*Data-Strobe*). El bus backplane se ha diseñado para complementar estructuras de bus paralelas proporcionando un camino de comunicación serie alternativo entre los dispositivos conectados al *backplane*. El bus de cable es una red no cíclica con ramas finitas que consisten en *bridges* y nodos (dispositivos de cable). Que la red sea no cíclica significa que no se pueden conectar dispositivos de forma conjunta para crear lazos.

El direccionamiento de los dispositivos se realiza mediante palabras de 64 bits, de los cuales 10 bits son para la identificación de la red, 6 bits para la identificación del nodo y 48 bits para las direcciones de memoria. El resultado es la capacidad para direccionar 1023 redes de 63 nodos, con 281 terabytes de memoria. El direccionamiento basado en memoria ve los recursos como registros o memoria a la que se puede acceder por medio de transacciones procesador-memoria. A cada entidad en el bus se le denomina "nodo", el cual se direcciona, resetea e identifica de forma independiente.

Una característica clave de la topología 1394 es su capacidad multi-master y el hot-plugging. Otra característica es que la velocidad de transmisión varía desde aproximadamente 100 Mbps a 400 Mbps con 1394a-2000 y hasta 3200 Mbps con P1394b. En el caso de la especificación de 1995 la tasa de señalización real es de 98.304, 196.608 y 393.216 Mbps, aunque estas tasas se redondean a 100, 200 y 400 Mbps.

Cada nodo también actúa como repetidor, permitiendo la unión de varios nodos para formar una topología de árbol. Debido a la alta velocidad de 1394 la distancia máxima, determinada principalmente por la atenuación de la señal, entre nodos es 4.5 metros y el máximo número de nodos es una cadena es 16, con lo que la distancia máxima entre los nodos más alejados es de 72 metros.

La unión de varios nodos adopta la topología de árbol. Cada vez que se quita o se añade un nuevo nodo a la estructura la información previa relativa a la topología de árbol se borra. A continuación se identifica la nueva topología asignándose a cada nodo una nueva dirección. Asimismo se asigna dinámicamente un nodo raíz. Una vez formado el "árbol" existe una fase en la que cada nodo se identifica frente a los otros nodos. Una vez que cada nodo ha recopilado toda la información necesaria, el bus se queda en un estado de "espera" hasta que comience la transferencia de información.

Una capacidad adicional de 1394 es que pueden ocurrir transacciones a diferentes velocidades en un único medio (por ejemplo algunos dispositivos se pueden comunicar a 100 Mbps mientras que otros se comunican a 400 Mbps).

IV.1.1.3 Métodos de transmisión 1394

IEEE 1394 soporta dos tipos de transferencias de datos: asíncronos e isócronos. La transferencia de datos asíncrona pone el énfasis en garantizar la entrega de datos y menos énfasis en garantizar el tiempo. Las transferencias isócronas se caracterizan justo por lo contrario: el énfasis se pone en el tiempo y menos énfasis en la entrega.

El formato asíncrono transfiere los datos y la información de la capa de transacción a una determinada dirección. El transporte asíncrono es el método tradicional de transmitir datos entre ordenadores y periféricos. El formato isócrono retransmite los datos basándose en números de canal en vez de en un direccionamiento específico. Los paquetes isócronos se envían cada 125 mseg para soportar las aplicaciones sensibles en tiempo. Si se proporcionan los dos tipos de formatos, asíncronos e isócronos, en la misma interfaz la ventaja es que es posible que aplicaciones no críticas en tiempo y aplicaciones críticas en tiempo operen en el mismo bus.

IV.1.1.4 Protocolo de capas

El estándar 1394 define una arquitectura de protocolo de tres capas: capa de transacción, capa de enlace y capa física, que son las tres capas más bajas del modelo de referencia OSI. La capa física está relacionada con el conector 1394 y las otras dos capas con la aplicación. Para implementar un dispositivo específico se tiene que situar las capas adicionales de protocolo y las capas de aplicación por encima de estas tres capas para proporcionar la funcionalidad única de aquellos dispositivos que utilizan 1394 como medio de interconexión.

Las tres capas que implementan el protocolo 1394 realizan las siguientes funciones:

- La capa física (PHY) proporciona las conexiones eléctricas y mecánicas entre el dispositivo 1394 y el cable 1394. Además de la transmisión y recepción de datos, la capa física asegura que todos los dispositivos tengan un acceso al bus adecuado.
- La capa de enlace (Link) proporciona un servicio de entrega de

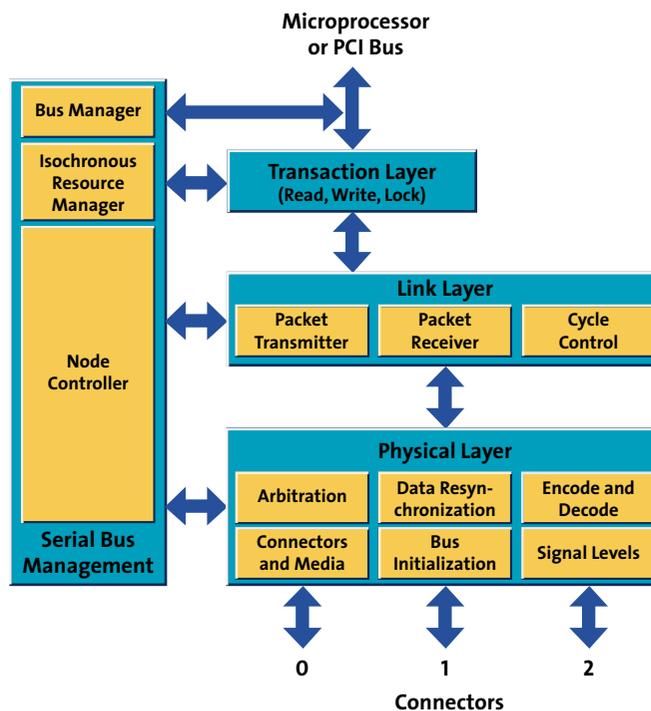


Figura IV.2:
Capas del protocolo IEEE 1394.

paquetes de datos a los nodos. Los paquetes de datos isócronos se formatean y transfieren directamente a la aplicación.

- La capa de transacción soporta los comandos *write*, *read* y *lock* del protocolo asíncrono. El comando *write* envía los datos desde el origen al receptor y el comando *read* devuelve los datos al origen. El comando *lock* combina los dos anteriores produciendo una *combinación* de datos entre el transmisor y el receptor que incluye procesado por parte del receptor.

IV.1.1.5 Cables y conectores 1394

La interfaz 1394 utiliza cables flexibles, delgados y duraderos y conectores sencillos para permitir que hasta 63 dispositivos se conecten en el mismo bus adoptando una configuración de árbol.

En cuanto a los conectores se derivan del diseño de la Gameboy de Nintendo. Son muy duraderos y fáciles de utilizar. Existen conectores disponibles en el mercado de Molex y de otras firmas.

IV.1.1.6 Gestión del bus

1394 proporciona un sistema de gestión del bus flexible que permite la conexión entre una gran variedad de dispositivos, que no necesitan incluir un PC o un controlador del bus. La gestión del bus implica los tres servicios siguientes:

- Un master de ciclo que retransmite los paquetes de comienzo de ciclo (necesarios para la operación isócrona)
- Un gestor de recursos isócronos, si cualquier nodo soporta la comunicación isócrona.
- Un master de bus opcional (normalmente un adaptador a PC)

La gestión del bus 1394 proporciona el control de la configuración global del bus serie optimizando el tiempo y garantizando una potencia eléctrica adecuada a todos los dispositivos en el bus, asignando la identificación de los canales isócronos, proporcionando una notificación básica de errores, etc. Este proceso de gestión de bus conecta a las tres capas en la estructura de capas 1394.

Para transmitir los datos asíncronos, un dispositivo 1394 solicita el control de la capa física. Las direcciones tanto del emisor como del receptor se transmiten, seguidas por un paquete de datos. Una vez que el receptor acepta el paquete, se le envía al emisor original un ACK.

Para el transporte isócrono, el emisor solicita un canal isócrono con un ancho de banda determinado. Se transmiten los identificadores del canal isócrono seguidos por el paquete de datos. El receptor monitoriza el identificador de los datos que recibe y acepta sólo los datos con el ID especificado. Las aplicaciones de usuario determinan los canales isócronos que se precisan así como el ancho de banda requerido. Se pueden definir hasta 64 canales isócronos.

IV.1.1.7 Especificaciones *hard drive*

Para soportar las funciones de almacenamiento masivo de datos se ha realizado un esfuerzo para el

desarrollo de las capas adicionales de protocolo y especificación. Concretamente se han desarrollado tres especificaciones que les permite a los dispositivos de almacenamiento utilizar el bus serie 1394:

- ❑ Especificación SBP-2 (*Serial Bus Protocolo-2*). Define el protocolo para la transferencia de datos y comandos de los dispositivos de almacenamiento que utilicen el bus 1394. Describe cuál es el protocolo de transporte básico y describe la estructura de datos y las operaciones por encima de la capa de transacción para proporcionar los mecanismos eficientes en esta clase de dispositivos.
- ❑ Especificación RCB (*Reduced Block Command*). Define los comandos reales que tienen que soportar los hard drives. Éstos utilizan un subconjunto de esta especificación que incluye comandos para formas de almacenamiento como los discos ópticos.
- ❑ Especificación 1394 a EIDE Bridge Controller (Tailgate). Define los requerimientos que deben cumplir un dispositivo de bajo coste para permitir que los dispositivos existentes EIDE puedan conectarse al bus 1394 utilizando el protocolo EIDE.

IV.1.1.8 Comparación entre las diferentes versiones del estándar

El bus serie IEEE 1394 de conexión a alta velocidad es una de las tecnologías más versátiles disponibles hoy en día. Es capaz de transferir a velocidades de hasta 400 Mbit/seg a través de par trenzado.

IEEE 1394-1995

Este estándar tiene por objeto interconectar una serie de dispositivos como puedan ser PCs y sus periféricos. Dispone de la funcionalidad plug-and-play y comunicación punto-punto —el usuario simplemente conecta dos o más dispositivos 1394 y así se pueden comunicar. Soporta velocidades de 100, 200 y 400 Mbps y utiliza técnicas de multiplexado de paquetes.

Una característica clave de este estándar es que soporta transmisión asíncrona e isócrona simultáneamente. El comportamiento isócrono es necesario para el transporte de datos críticos en tiempo, como es el caso de los datos audio-visuales. El ancho de banda isócrono se pre-asigna, permitiendo que el 1394 garantice que un paquete isócrono se entregue en un periodo de tiempo restringido una vez que se solicite la transmisión (en la práctica unos 300 mseg).

La capa física se especifica utilizando enlaces punto-punto y cada conexión se realiza utilizando un cable punto-punto. El cable en sí mismo contiene dos pares trenzados para señalización y un par para la potencia y el retorno. El esquema de señalización utilizado para los datos es “*Data-Strobe*”, que es una técnica patentada por STMicroelectronics. para evitar la necesidad de transmitir un reloj con los datos serie. La capa PHY 1394 puede tener uno o más puertos, y cuando tiene más de un puerto actúa como un repetidor de resincronización. El uso de enlaces punto-punto, codificación Data-Strobe y resincronización proporciona un nivel muy robusto de integridad de la señal y es una de las razones principales por las que 1394 puede soportar unas velocidades de transmisión tan altas. Se especifica que la longitud de cable máxima es 4.5 metros. Un bus puede soportar hasta 63 dispositivos.

Cuando se conecta una PHY a una red 1394, la configuración de la red se hace automáticamente. No hay ni necesidad, ni posibilidad de una configuración manual.

1394 utiliza una arquitectura de espacio en la que a cada nodo del bus se le asigna una palabra de 48 bits. Se utilizan 6 bits para identificar el nodo del bus, otros 10 bits se utilizan para permitir que los

buses 1394 se conecten a través de puentes (permitiendo que se conecten juntos 1023 buses). Parte del espacio de direcciones en cada nodo se le asigna a una configuración ROM, permitiendo que los diferentes dispositivos en el bus informen sobre sus capacidades, protocolos, etc. Las especificaciones de los diferentes protocolos utilizados por 1394 y las entradas correspondientes en la configuración ROM se definen como estándares separados. Los estándares ya definidos o en desarrollo incluyen soporte para discos 1394, impresoras, dispositivos A/V, etc.

IEEE 1394a-2000

Desde que se aprobó la primera versión de la especificación IEEE 1394, muchas compañías han incluido esta tecnología en sus productos. Debido a esta experiencia se detectó la necesidad de realizar una serie de cambios o mejoras que se han incluido en la especificación 1394a-2000.

Además, 1394a introduce un conector de 4 pins apto para ser utilizado en dispositivos A/V que no soportan el cable de potencia y mecanismos para soportar el ahorro de potencia (permitiendo que un puerto se encuentre en un estado “suspend” de baja potencia, y sea reactivado por una señal transmitida por el dispositivo conectado).

IEEE P1394b

La especificación 1394b aumenta la capacidad de 1394-1995 y 1394a de tres maneras diferentes: aumentando la velocidad hasta 800 Mbits/seg y 1.6 Gbit/seg y añadiendo soporte a la arquitectura para soportar velocidades de 3.2 Gbit/seg, especificando un medio alternativo para que los productos 1394 se conecten a distancias de hasta 100 metros o superiores y finalmente siendo más eficiente, de menor coste y más fácil de gestionar.

A continuación se resumen las velocidades dependiendo del tipo de medio.

- 100 Mbit/seg en CAT5 UTP
- 200 Mbit/seg en POF (Plastic Optical Fiber)
- 3.2 Gbit/seg utilizando GOF (Glass Optical Fiber) multi-modo de 50 mm

Estas prestaciones se consiguen modificando el esquema de señalización a uno basado en el esquema 8B10B del canal de fibra pero con una serie de mejoras significativas. 8B10B convierte los 8 bits de información de un byte en 10 bits, con la propiedad de que desde el punto de vista temporal el número de 1s y 0s es el mismo. Por tanto la tasa de señalización en cable o en fibra óptica para la transmisión de 800 Mbps es 1 Gbaud.

P1394b también aumenta la eficiencia de utilización del bus solapando la transmisión de un paquete con la toma de decisión de cuál es el siguiente dispositivo al que se le permite transmitir un paquete.

Se ha definido un procedimiento de “start-up” para permitir la implementación de puertos “bilingües”, es decir puertos que pueden determinar si se han conectado a otro puerto 1394b o a un puerto P1394a o a un puerto 1394-1995. Una vez determinado esto, el puerto puede utilizar la configuración, la codificación de datos y los mecanismos de arbitrio adecuados.

IEEE P1394.1

IEEE P1394.1 proporciona información detallada acerca de la operación de un bridge 1394, es decir un dispositivo que conecta un bus 1394 a otro bus 1394. La utilización de los bridges 1394 tiene una serie de ventajas.

La primera y más obvia es que permite que más de 63 dispositivos 1394 se interconecten formando una red.

La segunda y menos obvia es que proporciona un medio automático de gestionar el ancho de banda 1394. En un único bus 1394 sólo un nodo puede estar transmitiendo un paquete en un momento determinado. Por tanto la suma de los requerimientos en ancho de banda de todos los nodos en el bus debe ser inferior que el ancho de banda propio del bus. Sin embargo, un *bridge* filtra el tráfico para que los paquetes cuyo origen están en un bus sólo se copian en un segundo bus si su destino es un nodo en ese bus, o tienen que ser enrutados a través de ese bus. Si no ocurre ninguna de esas circunstancias el ancho de banda del segundo bus está disponible para otro tráfico.

El bridge consigue esto utilizando una técnica *store-and-forward*. Recibe un paquete de un bus, y entonces, si procede lo pasa a un segundo bus. A su vez otro bridge en ese segundo bus puede recibir el paquete y pasárselo a un tercer bus, siguiendo este proceso hasta que el paquete llega a su destino. En este sentido, un bridge opera de un modo similar a un switch Ethernet.

Cuando un *bridge* se añade a la red, se utiliza un esquema de configuración automático que identifica el nuevo bus de un modo similar a cuando se añade un nodo al bus.

Alcance de las diferentes versiones

El estándar IEEE 1394a-2000 mejora muchos aspectos de IEEE 1394-1995 como por ejemplo la eficiencia en el bus. El estándar IEEE 1394b puede operar tanto con el estándar IEEE 1394-1995 como con el estándar IEEE 1394a-2000 a nivel de señalización.

El estándar IEEE 1394b soporta los modos de señalización y las velocidades de IEEE 1394-1995. Además este estándar aumenta las velocidades de bus a 800 y 1600 M y tiene el soporte en arquitectura para soportar velocidades de 3200M, aunque en el momento de preparación de este estándar no hay suficientes datos técnicos disponibles.

En lo que respecta al alcance, IEEE 1394-1995 recomienda que la longitud de cable máxima sea de 4.5 metros. Para muchas aplicaciones esta longitud de cable es corta. Sin embargo IEEE 1394b soporta longitudes de cable de 50 metros para fibra óptica plástica y de 100 metros para GOF. Todas estas mejoras del estándar IEEE 1394b permite la posibilidad de nuevas aplicaciones tales como las redes domésticas.

Tabla IV.1:
Resumen de características de
las diferentes versiones de IEEE
1394

			VELOCIDAD MÁXIMA						
			122.89	245.76	491.52	983.04	1966.1		Tasa baudios (bps)
			98.31	196.61	393.22	786.43	1572.9		Tasa datos (Mbps)
			100M	200M	400M	800M	1600M	3200M	Redondeo (bps)
	TIPO DE CABLE	DIST. MÁXIMA							
IEEE 1394-1995 IEEE 1394A-2000	3SCP (3 Shielded Cooper Pairs) (1 par para potencia, 2 Twisted pares para datos)	entre nodos -> 4.5m Nº max -> nodos 16 Total -> 72m	X	X	X				
	UTP CAT-5 (Unshielded Twisted Pair)	100m	X						
IEEE 1394B-2001 IEEE 1394.1	POF (Plastic Optical Fiber)	50m	X	X					
	HPCF (Hard Polymeral Clad Fiber)	100m	X	X					
	MGOF (Multimode Glass Optical Fiber)	100m			X	X	X	FUT	
	STP (Shielded Twisted Pair)	4.5m			X	X	X	FUT	

La velocidad también depende del tipo de conector.

IV.1.2 Wireless IEEE 1394

El 22 de Enero de 2001, la asociación TA 1394 anunció la formación de un nuevo grupo de trabajo, el *Wireless Working Group* (WWG), dedicado a facilitar la interconectividad entre dominios 1394 cableados y dominios wireless, para PCs y otros equipos electrónicos de consumo.

Este grupo no pretende apoyar o buscar el reemplazo de las especificaciones *wireless* actuales, ni competir con otros foros de desarrollo actuales, sino que de momento se centrará en la tecnología necesaria para interconectar dispositivos basados en 1394 (*bridging technology*).

El grupo de trabajo WWG no pretende desarrollar ningún protocolo o especificación de señalización inalámbrica, sino que pretende trabajar con otros grupos inalámbricos (principalmente 802.11 e HiperLAN) para asegurar que dichos estándares inalámbricos puedan encapsular paquetes 1394. De esta forma, los dispositivos 1394 que se encuentran fuera del dominio inalámbrico podrán utilizar protocolos 1394 para comunicarse con otros dispositivos 1394 por medio de una estructura inalámbrica. De hecho HiperLAN 2 ya tiene una capa de convergencia 1394. Un grupo de gente del WWG del TA están

intentando ayudar al grupo 802.11 en el desarrollo del soporte de QoS para asegurar que también puedan soportar 1394.

Compañías líderes trabajando en este desarrollo de interoperabilidad FireWire con sistemas wireless son: Microsoft, Intel, Texas Instrument, NEC; Sony, Philips, etc.

El WWG realizó una demostración inicial del concepto en el Intel Developers' Forum (IDF). Se mostró la transmisión de contenido de vídeo digital MPEG-2 entre dos buses 1394 a través de un bridge inalámbrico. El puente conectaba el producto Zbox TNF de Zayante que se trata de una plataforma de evaluación y desarrollo para aplicaciones que incorpora 1394 con puntos de acceso inalámbricos Intel basados en la especificación 802.11b. Además, también se mostró IP corriendo simultáneamente entre los dispositivos de los dos buses a través del mismo bridge. Al establecer una conexión inalámbrica entre grupos de dispositivos 1394 cableados permite la interconexión inalámbrica de PCs y equipos CE que se encuentran en habitaciones diferentes.

El Zbox TNF incorpora un software modular 1394 que proporciona las capacidades de transporte del bus 1394 a 400 Mbit/seg en una interfaz de programación que incluye descubrimiento del servicio y enumeración, búsqueda de la configuración ROM, identificación de nodos lógicos, gestión del bus 1394 y soporte para transporte isócrono. Los protocolos soportados incluyen control de audio/vídeo (AV/C), IP 1394 y SBP-2, que se utiliza para acceder a discos duros, CD-ROMs, impresoras y otros periféricos para PCs.

Las dos cajas TNF Zboxes, conectadas sin cables forman las dos partes del puente 1394-1394. Cada caja contiene servicios de proxy. Estos usan el protocolo local TNF para comunicar con los dispositivos, que están en el bus local 1394, y comunican con el otro a través de paquetes IP transmitidos vía radio a través de la conexión Intel® PRO/Wireless 2011 LAN.

Los paquetes son de tiempo real. Cada caja también enruta paquetes IP directamente entre las conexiones 1394 y wireless, ofreciendo transporte IP completo entre los dispositivos del bus 1394.

De igual forma, el ETSI BRAN también se encuentra trabajando en el área del wireless 1394. Debido a los intereses comunes de los dos grupos realizarán un intercambio de información técnica.

IV.1 USB 2.0

Un grupo de compañías tales como Compaq, Hewlett Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC y Philips han realizado el desarrollo de la especificación USB versión 2.0 a principios del 2000. Se trata de una extensión o evolución de la especificación USB versión 1.0, desarrollado en 1995 por muchas de las mismas compañías que han trabajado en la especificación USB 2.0.

El principal objetivo de USB era definir un bus de expansión externa que permitiera añadir periféricos a un PC de una forma sencilla.

El grupo de compañías que han desarrollado esta especificación constituyen el USB-IF (USB *Implementers Forum*). Este Forum fue constituido con el objeto de proporcionar soporte en el desarrollo y adopción de la tecnología USB, facilitando el desarrollo de periféricos USB compatibles de alta calidad.

El desarrollo del USB inicialmente se debió a tres motivos:

- Conexión del PC al teléfono
- Facilidad de uso
- Expansión de puerto

El motivo principal por el que se ha desarrollado la segunda versión de la especificación es el hecho de que los PCs cada vez procesan mayores cantidades de datos. Al mismo tiempo, los periféricos que existen en el mercado cada vez tienen mejores prestaciones, y algunas aplicaciones tales como procesado digital de imagen demandan una conexión de mejores prestaciones entre el PC y los periféricos.

USB 2.0 tiene tasas de transferencia de 480 Mb/s frente a las tasas de 12 Mb/s y 1.5 Mb/s definidas inicialmente por USB. Así, se puede decir que USB 2.0 es una evolución natural de USB 1.0 que dispone del ancho de banda deseado a la vez que mantiene la misma funcionalidad que el USB existente y la compatibilidad con los periféricos existentes.

Como ya se ha dicho anteriormente, USB 2.0 aumentará la tasa de datos hasta 480 Mbps, es decir es 40 veces más rápida que los dispositivos USB 1.1. Originalmente, la especificación USB 2.0 tenía por objeto alcanzar velocidades de hasta 240 Mbps, sin embargo con un esfuerzo de ingeniería esa velocidad aumentó hasta 480 Mbps.

Con esta velocidad los consumidores se beneficiaran de una serie de periféricos de altas prestaciones. La nueva especificación hereda la capacidad “Plug and Play” de su antecesora además de proporcionar compatibilidad con el hardware USB 1.1.

IV.2.1 Descripción técnica resumida

La especificación USB 2.0 es compatible con la versión 1.1 y utiliza los mismos cables, conectores e interfaces de software de tal modo que el usuario no nota ningún cambio en el modo de operación. Las ventajas que ofrece USB 2.0 son que le permite al usuario conectar una gran variedad de periféricos, como cámaras de video-conferencia, escáneres e impresoras de próxima generación, dispositivos de almacenamiento, con las mismas características que los periféricos USB existentes.

A continuación se describe cual es el impacto que tiene el desarrollo de la especificación USB 2.0 en los usuarios, en los fabricantes de PCs y en los fabricantes de periféricos.

- Impacto para el usuario. Desde el punto de vista del usuario USB 2.0 es como USB pero con un ancho de banda mucho mayor. Además, podrá utilizar una variedad de periféricos mucho mayor. Todos los dispositivos USB de los que disponga el usuario podrán trabajar en un sistema con capacidad USB 2.0.
- Impacto para el fabricante de PCs. La especificación USB 2.0 le permitirá a los fabricantes de sistemas conectar periféricos de altas prestaciones del modo menos caro posible. De esta forma, la mejora en prestaciones de USB 2.0 se consigue de forma fácil con poco impacto en el coste global del sistema. Además, en algunos sistemas no se van a necesitar interfaces de gran ancho de banda tales como adaptadores SCSI, lo cual lleva a un ahorro en el coste del sistema.

- Impacto para el fabricante de periféricos. Los dispositivos USB que han existido hasta ahora serán totalmente compatibles con el sistema USB 2.0. Debido a las capacidades de USB 2.0 el mercado de periféricos USB aumentará. El diseño de un periférico USB 2.0 requerirá el mismo esfuerzo de ingeniería que el diseño de un periférico USB 1.1. Existen algunos periféricos de baja velocidad, tales como HID, en los que no conviene realizar un rediseño para que soporten la alta velocidad de la especificación USB 2.0 puesto que aumentaría de forma significativa el coste final.

USB es principalmente un bus para conexión de periféricos y dispositivos a PCs. Hasta hace poco existían en el mercado muchos periféricos cuya principal desventaja era su velocidad. Con esta nueva versión de la especificación este problema queda resuelto.

De acuerdo con el Grupo Promotor del USB 2.0, USB 2.0 es similar a USB pero con mucho más ancho de banda. El hardware USB 2.0 utilizará los mismos cables y los mismos conectores para que los usuarios no noten ninguna diferencia en los métodos de conexión. Los nuevos dispositivos USB 2.0 coexistirán con los dispositivos USB 1.1 actuales en un sistema USB 2.0.

Los conectores USB 1.1 y los cables *full-speed* soportarán las altas velocidades de USB 2.0 sin ningún cambio.

Sin embargo, para poder beneficiarse de las características del hardware USB 2.0 los usuarios tendrán que actualizar sus sistemas USB 1.1 con tarjetas PCI que cumplan la especificación USB 2.0.

Además, los *hubs* USB 1.1 no pueden operar con el hardware USB 2.0. Sin embargo, los repetidores USB 2.0, compatibles con los dispositivos USB 1.1, realizarán el papel de los *hubs* USB 1.1. Podrán operar en tres modos: *high-speed* (480 Mbps), *full-speed* (12 Mbps) y *low-speed* (1.5 Mbps). En la práctica los usuarios tendrán que conectar su hardware USB 2.0 a ambos extremos para conseguir el modo *high-speed*. En un extremo, el controlador del host USB 2.0 reside en el host para controlar el proceso de enumeración y el control de potencia. En el otro extremo, el hardware USB 2.0 tiene que estar conectado directamente al *hub* raíz a través de un *hub* USB 2.0.

En lo que respecta al software, los sistemas operativos con soporte USB 2.0 seguirán trabajando con periféricos USB 1.1, pero también reconocerán el hardware USB 2.0. El software del sistema podrá optimizar sus prestaciones en un entorno variado donde tanto el hardware USB 1.1 como el hardware USB 2.0 podrán estar conectados simultáneamente al bus USB 2.0. Si el sistema detecta un periférico USB 2.0 unido al sistema USB 1.1, entonces notificará al usuario la detección de una configuración subóptima y recomendará una mejor configuración para unir el dispositivo.

La **Tabla IV.2** muestra el tipo de tráfico de datos que se pueden obtener a través del bus USB. De dicha tabla se deduce que un bus a 480 Mb/s comprende todos los rangos: *high-speed*, *full-speed* y *low-speed*. Normalmente, los tipos de datos

Prestaciones	Aplicaciones	Atributos
LOW SPEED	Teclado, ratón	Coste más bajo
Dispositivos interactivos	Periféricos para juegos	Facilidad de uso
10-100 kb/s		Múltiples periféricos
FULL SPEED	POTS	Coste más bajo
Teléfono, Audio y Video comprimido	Banda Ancha	Facilidad de uso
500 Kb/s -10 Mb/s	Vídeo	Ancho de banda garantizado
	Micrófono	Múltiples periféricos
HIGH SPEED	Vídeo	Bajo coste
Vídeo, almacenamiento	Almacenamiento	Facilidad de uso
25-400 Mb/s	Imágenes	Múltiples Periféricos
	Banda Ancha	Ancho de banda garantizado
		Alto ancho de banda

Tabla IV.2:
Espacio de aplicaciones.

high-speed y *full-speed* pueden ser isócronos, mientras que los datos *low-speed* provienen de dispositivos interactivos.

IV.2.1.1 Arquitectura USB

En esta sección se presenta una descripción general de la arquitectura USB. Como ya se ha dicho anteriormente USB es un bus de cable que soporta el intercambio de datos entre un ordenador que actúa de *host* y una gran variedad de periféricos a los que se puede acceder simultáneamente. Los periféricos unidos a dicho ordenador principal comparten el ancho de banda mediante un protocolo *token-based*. Este bus permite que se unan, usen y configuren dispositivos al mismo tiempo que otros periféricos están funcionando.

Descripción del Sistema USB

El Sistema USB se describe fundamentalmente por medio de las tres áreas funcionales siguientes:

- Interconexión USB
- Dispositivos USB
- *Host* USB

La *interconexión USB* es la manera en que los dispositivos USB se conectan y se comunican con el *host*. Incluye lo siguiente:

- Topología del bus: modelo de conexión entre los dispositivos USB y el *host*.
- Relaciones entre capas: las tareas que son realizadas en cada capa del sistema
- Modelos de flujo de datos: la manera en que los datos se mueven en el sistema
- Esquema USB: USB proporciona una interconexión compartida. El acceso a dicha interconexión se programa para soportar transferencias de datos isócronas.

El bus USB conecta los dispositivos USB con el *host* USB. La interconexión física USB sigue una topología en estrella por capas. En el centro de cada estrella se encuentra un *hub*. Cada segmento de cable es una conexión punto - punto entre el *host* y un *hub* o función, o entre un *hub* y otro *hub* o función. Se entiende por función un dispositivo USB que proporciona una determinada capacidad al *host*, tal como una conexión ISDN, un micrófono digital o altavoces.

Debido a las limitaciones de tiempo marcadas por los tiempos de propagación del *hub* y del cable, el máximo número de capas que está permitido es siete (incluyendo la capa raíz).

La **Figura IV.3** muestra cual es la topología del bus.

La segunda de las áreas funcionales en un sistema USB son los *dispositivos USB*. Existen dos clases principales de dispositivos USB: *hubs* y funciones. Sólo los *hubs* tiene la capacidad de proporcionar puntos de unión adicionales al sistema USB. Las funciones proporcionan capacidades adicionales al *host*. A continuación se describe de forma más detallada cada uno de ellos.

- *Hubs*, que proporcionan puntos de unión adicionales al sistema USB. La figura siguiente muestra un *hub* típico. Los *hubs* sirven para simplificar la conexión USB desde el punto de vista del usuario.

Los *hubs* son “concentradores” de cables que permiten la unión múltiple USB. Los puntos de unión se denominan puertos. Cada *hub* convierte un único punto de unión en múltiples puntos de unión. La arquitectura USB soporta la concatenación de varios *hubs*.

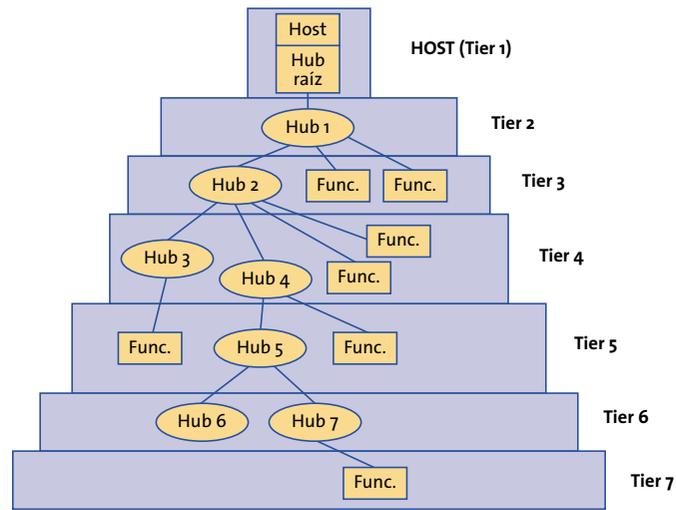


Figura IV.3:
Topología del bus.

El puerto “ascendente” de un *hub* conecta el *hub* con el *host*, y cada uno de los puertos “descendentes” de un *hub* permite la conexión con otro *hub* o con una función. Los *hubs* pueden detectar cuando se conecta o desconecta un dispositivo USB en un puerto “descendente” y de esta forma gestionar la distribución de potencia. Cada puerto “descendente” puede operar con dispositivos *high,full* o *low-speed*.

Un *hub* USB 2.0 consta de tres porciones:

- El controlador del *Hub*. Proporciona la comunicación a y desde el *host*. Los comandos de control y estado específicos del *hub* le permiten al *host* configurar un *hub* y monitorizar y controlar sus puertos.
- El repetidor del *Hub*. Se trata de un *switch* entre el puerto “ascendente” y el puerto “descendente”.
- El traductor de la transacción. Proporciona los mecanismos que soportan los dispositivos full-/low-speed detrás del *hub*, a la vez que transmite todos los datos de dispositivo entre el *host* y el *hub* a alta velocidad.
- Funciones, que proporcionan una capacidad extra al sistema, como pueda ser una conexión ISDN, un joystick digital, una impresora, una cámara, unos altavoces, etc. Dicho con otras palabras una función es un dispositivo USB que permite transmitir o recibir datos o controlar la información por el bus. La forma típica de implementar una función es como un periférico separado con un cable que se enchufa en un puerto o en un *hub*.

Cada función contiene información de configuración que describe sus capacidades. Antes de que se pueda utilizar una función, el *host* debe confi-

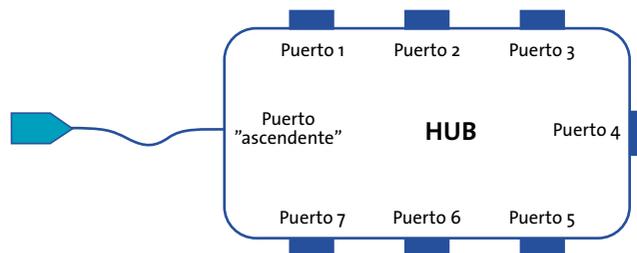


Figura IV.4:
Hub típico.

gurarlos. Esta configuración incluye el asignarle un ancho de banda y seleccionar las opciones de configuración específicas de la función.

Los dispositivos USB deben presentar una interfaz estándar en términos de:

- Comprensión del protocolo USB
- Respuesta a las operaciones estándar USB, tales como configuración y reinicio.

Finalmente, en un sistema USB sólo existe un *host USB*. La interfaz USB entre los dispositivos USB y el *Host* se denomina *Host Controller*. Éste se puede implementar mediante una combinación de hardware/software. EL *host* es responsable de las siguientes tareas:

- Detectar cuando se une o desconecta un dispositivo USB al *host*.
- Gestionar el flujo de control entre el *host* y los dispositivos USB.
- Gestionar el flujo de datos entre el *host* y los dispositivos USB.
- Recoger estadísticas sobre el estado y la actividad desarrollada.
- Proporcionar la potencia a los dispositivos USB conectados.

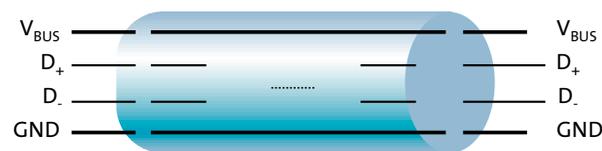
En lo que respecta al software del sistema USB existen cinco áreas de interacción entre el software del sistema USB y el software del dispositivo:

- Enumeración y configuración de los dispositivos
- Transferencias de datos isócronos
- Transferencias de datos asíncronos
- Gestión de la potencia
- Información de la gestión del bus y el dispositivo

Interfaz física

La interfaz física de USB 2.0 está descrita en las especificaciones eléctrica y mecánica del bus.

Figura IV.5:
Cable USB.



USB transfiere señal y potencia a través de una línea de cuatro cables como se muestra en la **Figura IV.5**.

Existen tres tasas de transmisión de datos:

- ❑ La tasa de datos de alta velocidad (*high-speed*) es 480 Mb/s
- ❑ La tasa de datos *full-speed* es 12 Mb/s
- ❑ La tasa de datos a baja velocidad (*low-speed*) es 1,5 Mb/s.

Los controladores del host USB 2.0 y los hubs disponen de la capacidad de transmitir los datos *full-speed* y *low-speed* a alta velocidad entre el controlador del *host* y el *hub*. Sin embargo la transmisión entre el *hub* y el dispositivo en cuestión se realiza a su velocidad propia: *full-/low-speed*.

Mediante esta capacidad se minimiza el impacto que tiene los dispositivos *full-speed* y *low-speed* en el ancho de banda disponible para los dispositivos de alta velocidad.

De las 4 líneas que lleva el bus, dos son para transferencia de datos y dos para llevar las señales V_{BUS} (que es nominalmente +5V) y GND.

En lo que respecta a la especificación mecánica para los cables y conectores, debe decirse que todos los dispositivos poseen una conexión “ascendente”. Los conectores “ascendentes” y “descendentes” no son intercambiables mecánicamente.

Potencia

La especificación USB 2.0 cubre dos aspectos sobre la potencia:

- ❑ Distribución de potencia. Cada segmento USB proporciona una cantidad limitada de potencia en el cable. El *host* proporciona potencia para ser utilizada por los dispositivos USB que se conectan directamente. Además, cualquier dispositivo USB puede tener su propia fuente de alimentación. Los dispositivos USB que dependen totalmente de la potencia del cable se les denomina “dispositivos de alimentación por bus”. Por el contrario, a aquellos dispositivos que disponen de una fuente de potencia alternativa se les denomina “dispositivos con alimentación propia”. Un *hub* también proporciona potencia a los dispositivos USB que tiene conectados.
- ❑ Gestión de potencia. Un *host* USB puede tener un sistema de gestión de potencia independiente de USB. En ese caso el software del sistema USB inter-actúa con el sistema de gestión de potencia del *host*.

Protocolo del Bus

El controlador del *Host* inicia todas las transferencias de datos. La mayoría de las operaciones que se realizan para transferir datos implican la transmisión de hasta tres paquetes. Toda transacción comienza cuando el Controlador del *Host* envía un paquete USB describiendo el tipo y dirección de la transacción, la dirección del dispositivo USB y el número asociado a ese dispositivo. A este paquete se le denomina “*token packet*”. El dispositivo designado se selecciona a sí mismo decodificando los campos de dirección adecuados. En una determinada transacción, los datos pueden ser transmitidos desde el *host* a un dispositivo o desde un dispositivo al *host*. La dirección en la que se realiza la transferencia de datos viene especificada en el “*token packet*”. Entonces, el origen de la transmisión envía un paquete de datos o indica que no tiene datos que transferir. El destino, en general, responde con un paquete en el que indica si la transferencia se ha realizado con éxito.

Algunas transacciones entre los controladores del *host* y los *hubs* implican la transmisión de cuatro

paquetes de datos. Este tipo de transacciones se utiliza normalmente para controlar o gestionar las transferencias de datos entre el *host* y los dispositivos *full-/low-speed*.

El modelo de transferencia de datos entre una fuente y un destino se denomina *pipe*. Existen dos tipos de *pipes*: corriente (*stream*) y mensaje (*message*). Los datos *stream* no tiene una estructura USB definida, mientras que los datos *message* sí que la tienen.

Configuración del Sistema

USB soporta dispositivos USB que se conectan y desconectan del sistema USB en cualquier momento. Consecuentemente, el software del sistema debe acomodar los cambios dinámicos en la topología física del bus.

Tal y como se ha dicho anteriormente todos los dispositivos USB se unen al sistema USB a través de puertos localizados en dispositivos USB especiales denominados *hubs*. Los *hubs* tiene bits de estados que se utilizan para informar la conexión o desconexión de un dispositivo USB a uno de sus puertos. En caso de que se produzca una conexión el *host* habilita el puerto. El *host* le asigna una única dirección al dispositivo y determina si el dispositivo nuevo que se ha conectado es un *hub* o una función.

Cuando un dispositivo USB se ha desconectado de uno de los puertos del *hub*, el *hub* deshabilita el puerto y proporciona una indicación de que se ha producido ese hecho. Ese tipo de indicación se realiza gracias al software apropiado del sistema USB. Si el dispositivo que se desconecta es un *hub*, el software del sistema debe gestionar la desconexión del *hub* y la desconexión de todos los dispositivos USB que estaban anteriormente unidos al sistema por medio del *hub*.

Por último la enumeración del bus es la actividad que identifica y asigna direcciones únicas a los dispositivos conectados al bus. Como el sistema USB permite que cualquier dispositivo USB se pueda conectar o desconectar del sistema en cualquier momento, la enumeración del bus es una actividad que se está produciendo continuamente por medio del software del sistema. Además, por medio de esta actividad se detectan las desconexiones de los diferentes dispositivos.

Tipos de flujos de datos

El USB soporta el intercambio de datos entre el *host* y un dispositivo de forma uni-direccional y bi-direccional. En general se puede decir que un intercambio de datos se produce de forma independiente a otro intercambio de datos entre el *host* y otro dispositivo USB.

La arquitectura USB permite cuatro tipos de transferencia de datos:

- *Control Transfers*: Se utilizan para configurar un dispositivo en un momento determinado.
- *Bulk Data Transfers*: Normalmente consisten en grandes cantidades de datos, como los usados para impresoras o escáneres. La transferencia de este tipo de datos es secuencial. El intercambio de datos se asegura a nivel de hardware utilizando la corrección de error en el hardware.
- *Interrupt data Transfers*: Los tipos de datos que se transmiten en este tipo de transferencias son la notificación de eventos, caracteres o coordenadas organizadas en uno o más bytes.
- *Isochronous Data Transfers*: Ocupan una cantidad pre-negociada de ancho de banda USB. Se trata de datos que se crean en tiempo real. Un ejemplo claro de este tipo de datos es la voz.

IV.2.1.2 Flujo de datos USB

Ya se ha dicho anteriormente que USB proporciona servicios de comunicación entre un *host* y diferentes dispositivos. De forma simple esto se podría representar tal y como se muestra en la **Figura IV.6**.



Figura IV.6: Modo simple de entender la conexión *host* - dispositivo USB.

Sin embargo la forma real de entender dicha conexión o unión es la que se muestra en la **Figura IV.7**.

Como se muestra en a **Figura IV.7** hay cuatro áreas de implementación y son:

- ❑ Dispositivo Físico USB: hardware que se encuentra al final del cable USB y que realiza alguna función útil para el usuario.
- ❑ Software Cliente. Software que se ejecuta en el *host* y que corresponde a un dispositivo USB. Este software normalmente se proporciona o con el sistema operativo o con el dispositivo USB.
- ❑ Software de Sistema USB. Es el S/W que soporta el sistema. Normalmente se proporciona con el sistema operativo y es independiente de los diferentes dispositivos USB.
- ❑ Controlador de *Host* USB. H/W y S/W que permiten que los dispositivos USB se conecten al *host*.

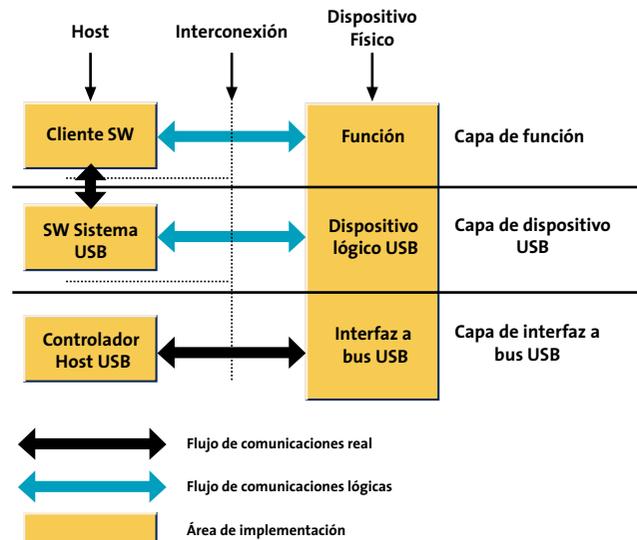


Figura IV.7: Áreas de implementación USB.

Como se muestra en la **Figura IV.7** la conexión simple del *host* con cualquier dispositivo USB implica la interacción entre una serie de capas y entidades.

- ❑ La *capa de interfaz de bus* USB proporciona la conexión física/de señalización/de paquetes entre el *host* y un dispositivo.
- ❑ La *capa de dispositivo USB* es la visión que el S/W del Sistema USB tiene para realizar operaciones genéricas USB con un dispositivo.
- ❑ La *capa de función* le proporciona prestaciones adicionales al *host* a través de una capa de S/W cliente adaptada.

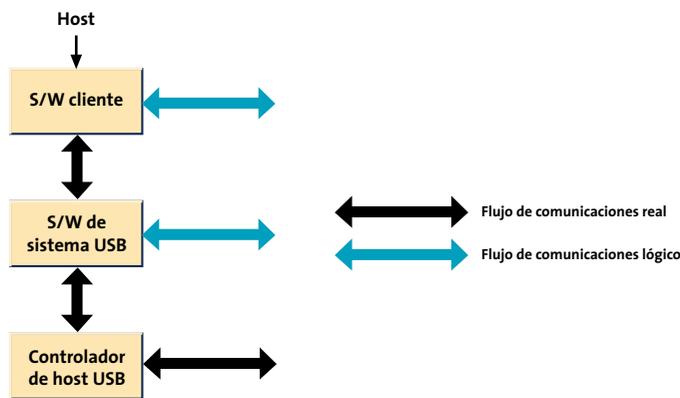
Para describir y gestionar una comunicación USB se tiene en cuenta los siguientes conceptos:

- Topología de bus.
- Modelos de flujo de comunicación
- Gestión de acceso al bus
- Consideraciones especiales para las transferencias isócronas.

Topología de bus

Los cuatro elementos principales en la tecnología USB son: *host* y dispositivos, topología física, topología lógica y relaciones S/W cliente-función.

Figura IV.8:
Composición del Host.



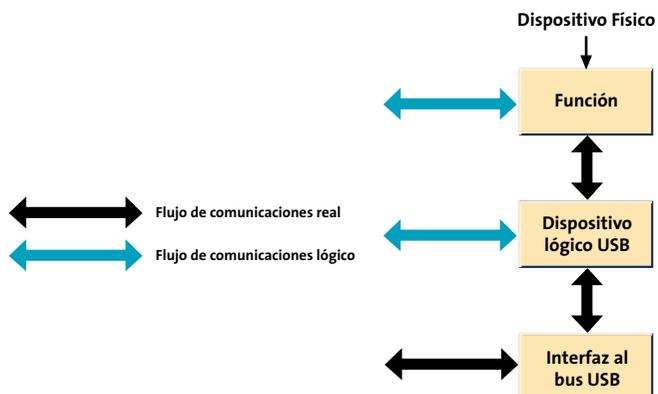
La composición lógica del *host* se muestra en la [Figura IV.8](#).

El *host* controla todos los accesos al USB, o dicho con otras palabras un dispositivo USB sólo puede acceder al sistema si el *host* se lo permite. Como entidad coordinadora del USB el *host* ocupa una posición única.

La composición lógica de un dispositivo físico se muestra en la [Figura IV.9](#) e incluye: interfaz al bus USB, el dispositivo lógico USB y la función.

Los dispositivos físicos USB añaden funcionalidad al sistema. El tipo de funcionalidad proporcionado por el dispositivo USB puede variar mucho. Sin embargo, todos los dispositivos lógicos USB presentan al *host* la misma interfaz lógica, independientemente del tipo de funcionalidad que aporten al sistema global. Esto permite que el *host* pueda gestionar los diferentes aspectos de dispositivos USB de la misma manera.

Figura IV.9:
Composición de dispositivo físico.



Para ayudar al *host* a identificar y configurar los dispositivos USB, cada dispositivo le informa de su configuración. Parte de esa información transferida al *host* es común de todos los dispositivos y otra es propia del dispositivo y depende de su funcionalidad.

Respecto a la topología del bus debe decirse que físicamente los dispositivos se conectan al *host* por medio de una topología en estrella por capas como se ilustra en la [Figura IV.10](#).

Los puntos de unión USB se obtiene por medio de una clase especial de dispositivos llamados *hub*, y los puntos de unión adicionales que facilita el *hub* se denominan puertos. El *host* incluye un *hub* llamado *hub* raíz, que proporciona uno o más puntos de unión. Los dispositivos USB que proporcionan una funcionalidad se denominan funciones. Para prevenir que se produzcan uniones en círculo, el sistema impone una topología por capas, de tal forma que la configuración final tiene forma de árbol, tal y como se puede observar en la figura anterior.

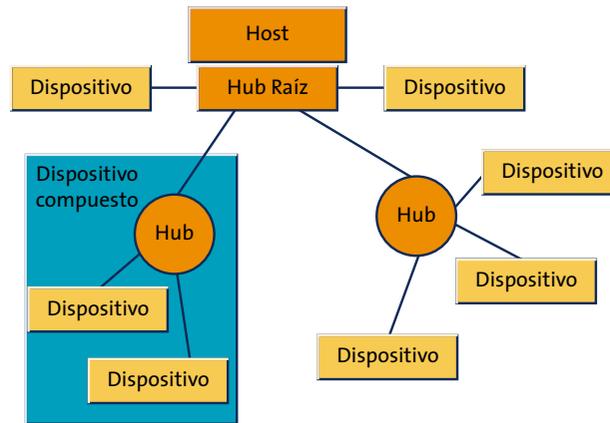


Figura IV.10:
Topología física de USB.

Varias funciones se pueden empaquetar de forma conjunta en lo que parece ser un único dispositivo físico. Dentro del paquete, cada función individual está unida permanentemente a un *hub* interno que es el que está conectado al USB. Cuando varias funciones se combinan con un *hub* en un único paquete se denomina “dispositivo compuesto”. Tanto al *hub* como a cada función del *hub* del dispositivo compuesto se les asigna su propia dirección de dispositivo.

El *hub* juega un papel especial en un sistema de alta velocidad. El *hub* aísla el medio de señalización *full-/low-speed* del medio de señalización *high-speed*. El *hub* también permite que los *hubs* USB 1.1 se unan y operen a *full-/low-speed* con dispositivos *full-/low-speed*.

Cada *hub* operativo a alta velocidad añade uno o más buses adicionales *full-/low-speed*; esto significa que cada *hub* soporta de forma adicional 12 Mb/s de ancho de banda USB a *full-/low-speed*. Esto permite que se puedan unir más buses *full-/low-speed* sin que se necesiten controladores adicionales en el sistema.

La topología lógica del bus es diferente de la topología física. Físicamente los dispositivos se conectan al sistema USB mediante una topología en estrella por capas. Sin embargo, el *host* se comunica con cada dispositivo lógico como si estuviera conectado directamente al puerto raíz. En consecuencia, la topología lógica del bus es la que se muestra en la Figura IV.11.

Finalmente, el S/W cliente para operaciones USB debe utilizar las interfaces de programación software USB para manipular sus funciones, y durante su operación debe ser independiente de otros dispositivos que puedan estar conectados al USB. Esto le permite al diseñador del dispositivo y al software poner su atención en los detalles de diseño de la interacción hardware/software.

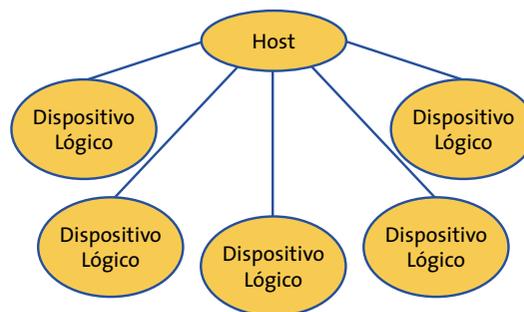


Figura IV.11:
Topología lógica del bus.

IV.3 KONNEX

En abril de 1999 nueve compañías establecieron una nueva asociación industrial para trabajar en el desarrollo de un nuevo estándar resultante de la convergencia de otros tres: Batibus, EIB y EHS.

El nombre de esta asociación es Konnex. Se trata de una Asociación entre fabricantes, proveedores de servicios y otros miembros interesados. Realmente, tal y como ya se ha dicho anteriormente es el resultado de la unión del BCI (BatiBUS Club International), EIBA (European Installation Bus Association) y EHSA (European Home Systems Association) en una organización común. Esta organización es la promotora del estándar de bus KNX que integra los mejores elementos de BatiBUS, EIB y EHS.

Las 9 compañías fundadoras son:

- ▣ Bosch Telecom GmbH (Alemania)
- ▣ Delta Dore (Francia)
- ▣ Electricité de France (Francia)
- ▣ Electrolux AB (Suecia)
- ▣ Hager Holding GmbH (Alemania)
- ▣ Merten GmbH & Co. KG (Alemania)
- ▣ Schneider Electric S.A. (Francia)
- ▣ Siemens AG- Division A&D ET (Alemania)
- ▣ Diemens Building Techn. Ltd. (Suiza)

Por el momento, y por razones legales van a existir conjuntamente las tres organizaciones, esto es, BCI, EIBA y EHSA. Sin embargo, se pretende que todas las operaciones de las asociaciones existentes se vayan transfiriendo poco a poco a la Asociación Konnex. El nombre original de la asociación fue EHBSA aunque en Agosto de 2000 cambió a Konnex.

Hoy en día existen diferentes tipos de buses para aplicaciones residenciales. Sin embargo el problema es que cada uno de ellos cubre ciertas áreas específicas de aplicaciones y no todo el rango posible. La tecnología KNX proporciona una plataforma de bus para todas las aplicaciones en entornos residenciales.

Por todo ello, el objetivo de la Asociación Konnex es promover un estándar para sistemas HBES, promover y organizar bajo este contexto la investigación científica así como favorecer el intercambio de información entre sus miembros, definir y mejorar la especificación en lo que se refiere a protocolo, medios, modos de configuración, modelos de comunicación, etc., a la vez que se mantiene la coherencia y finalmente establecer un sistema de certificación apropiado que permita la certificación de productos (hardware, software y componentes) y servicios que garantice la compatibilidad del sistema.

IV.3.1 Descripción técnica resumida

Actualmente, los sistemas de gestión de recursos en edificios se basan en soluciones específicas, con lo que es difícil o incluso imposible integrar estas soluciones en un único sistema de gestión para aprovechar la funcionalidad integrada.

Además, por necesidades de mercado se precisa de un sistema de comunicación electrónica que pueda soportar y proporcionar servicios de monitorización e información en casas y edificios.

El estándar KNX:

- ❑ Garantiza una alta flexibilidad en el caso de extensiones y/o cambios en las aplicaciones del sistema.
- ❑ Permite una utilización económica, efectiva en coste y ecológica de recursos como electricidad, gas y agua.
- ❑ Mejora la seguridad de los edificios y el nivel de confort.
- ❑ Combina todas las áreas de aplicación y su funcionalidad para reducir el coste de la operación.

En los últimos años ha habido varios intentos para desarrollar dicho sistema HBES (*Home and Building Electronic System*). Los estándares de sistema abiertos han tenido éxito en el mercado. Sin embargo, las diferentes especificaciones de sistema han confundido a ingenieros, instaladores, usuarios, etc. Debido a esto se vio la necesidad de establecer un estándar que se convirtiera en el estándar de las comunicaciones para sistemas HBES. Los tres sistemas que se han considerado como base para su integración en el estándar KNX son BatiBUS, EIB y EHS.

El estándar KNX se basa en la tecnología EIB, y expande su funcionalidad añadiendo un nuevo medio físico al estándar EIB y los modos de configuración de BatiBUS y EHS.

Respecto al nivel físico el nuevo estándar podrá funcionar sobre:

- ❑ Par trenzado (TP1): aprovechando la norma EIB equivalente.
- ❑ Par trenzado (TP0): aprovechando la norma BatiBUS equivalente.
- ❑ Ondas Portadoras (PL100): aprovechando la norma EIB equivalente.
- ❑ Ondas Portadoras (PL132): aprovechando la norma EHS equivalente.
- ❑ Ethernet: aprovechando la norma EIB.net.
- ❑ Radiofrecuencia: aprovechando la norma EIB.RF.

La versión 1.0 del estándar KNX proporciona una solución de comunicación por bus con tres modos de configuración:

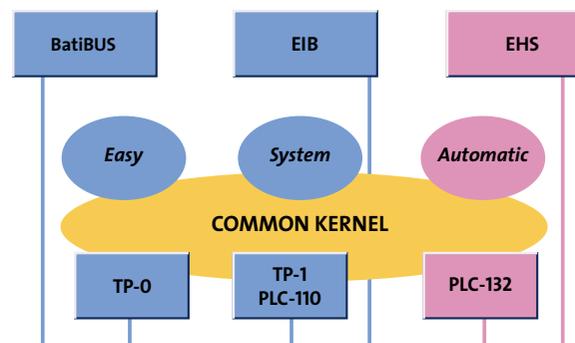
- ❑ Modo-S (modo sistema). La configuración de Sistema usa la misma filosofía que el EIB actual, esto es, los diversos dispositivos o nodos de la nueva instalación son instalados y configurados por pro-

fesionales con ayuda de la aplicación software especialmente diseñada para este propósito. Por tanto, este modo está especialmente pensado para su uso en instalaciones como oficinas, industrias, hoteles, etc. Sólo los instaladores profesionales tendrán acceso a este tipo de material y a las herramientas de desarrollo. Los dispositivos S.mode sólo podrán ser comprados a través de distribuidores eléctricos especializados.

- **Modo-E (Modo *Easy*).** En la configuración sencilla los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Aún así deben ser configurados algunos detalles en la instalación, ya sea con el uso de un controlador central (como una pasarela residencial o similar) o mediante unos microinterruptores alojados en el mismo dispositivo (similar a muchos dispositivos X-10 que hay en el mercado). Por tanto cualquier electricista sin formación en manejo de herramientas informáticas o cualquier usuario final un poco "manitas", podrá conseguir dispositivos E.mode en ferreterías, almacenes de productos eléctricos o tiendas de bricolaje. Aunque la funcionalidad de estos productos esta limitada (viene establecida de fábrica), la ventaja de este modo es que se configuran en un instante seleccionando en unos microinterruptores las opciones ofrecidas con una pequeña guía de usuario. Los dispositivos E.mode aplican la misma filosofía que el popular X-10 de amplio uso en EEUU.
- **Modo-A (Modo Automático).** En la configuración automática, con una filosofía Plug&Play ni el instalador ni el usuario final tienen que configurar el dispositivo. Este modo está especialmente indicado para ser usado en electrodomésticos, equipos de entretenimiento (consolas, set-top boxes, HiFi, ...) y proveedores de servicios. Es el objetivo al que tienden muchos productos informáticos y de uso cotidiano. Con la filosofía Plug&Play, el usuario final no tiene que preocuparse de leer complicados manuales de instalación o perderse en un mar de referencias o especificaciones. Tan pronto como se conecte un dispositivo A.mode a la red este se registrará en las bases de datos de todos los dispositivos activos en ese momento en la instalación o vivienda y pondrá a disposición de los demás sus recursos (procesador, memoria, entradas/salidas, etc). Es la misma filosofía que la iniciativa de Sun Microsystems con el Jini o de Microsoft con el Universal Plug&Play. Este tipo de productos se venderán en las "gasolineras" o en unos grandes almacenes. Son los fabricantes de electrodomésticos y de pasarelas residenciales, así como los proveedores de servicios (telcos, eléctricas, ISPs), los más interesados en este tipo de productos ya que permitirán ofrecer nuevos servicios a sus clientes de forma rápida y sin necesidad de complicadas instalaciones.

Las **Figuras IV.12 y IV.13** muestran cual es la relación entre los estándares anteriores y KNX por lo que se refiere a los modos de operación.

Figura IV.12:
Modos de operación.



La relación entre KNX y los tres estándares existentes se puede resumir de la siguiente manera. La plataforma KNX es completamente compatible con las instalaciones EIB existentes, y se extiende su funcionalidad añadiendo nuevos medios físicos para una configuración más sencilla y una funcionalidad más simple, tomadas de BatiBus. Esto significa que como el estándar KNX está basado en el stack de protocolos núcleo de EIB, los fabricantes de productos EIB

podrán unir sus productos EIB a productos Konnex con un esfuerzo mínimo.

Asimismo, el modo-A de KNX es compatible con el estándar *EHS 1.3a*. Tanto la Asociación EHSa como la Asociación Konnex tratan de asegurar una transición desde los dispositivos *EHS v1.3a* a KNX.

- *EHSv1.3a* y KNX utilizarán la misma Especificación de Aplicación (AS).
- Se puede utilizar el mismo hardware para los dispositivos *EHS v1.3a* o KNX. Solamente se ve afectado el software.
- Posiblemente el software de aplicación no necesita modificarse ya que se puede utilizar la misma API (*Application Protocol Interface*) si se define adecuadamente por los vendedores de tecnología.
- Las características *plug-and-play* de *EHS V1.3a* y el modo-A de KNX son exactamente iguales. Esto significa que los consumidores acostumbrados a la configuración *EHS V1.3a* no notarán diferencia alguna con los dispositivos modo-A de KNX.
- La interoperatividad entre los dispositivos *EHS v1.3a* y los dispositivos KNX será posible gracias a la utilización del convertidor de *frames*. La Asociación Konnex proporcionará las reglas de relación entre *EHS v1.3a* y KNX.

Finalmente, no existe compatibilidad con las instalaciones *BatiBUS* existentes. Hay coexistencia entre el protocolo *BatiBUS* y el modo-E de KNX sobre TP en la misma línea de bus. Esto influye en el hecho de poder unir un producto *BatiBUS* con uno KNX. El stack de protocolos de KNX y de *BatiBUS* es diferente. Sin embargo, como la capa física de *BatiBUS* (par trenzado TPo) y la configuración (modo-E) se utilizan en el estándar KNX, el producto hardware y la interfaz de usuario (panel frontal) no cambian.

En cuanto a la relación de Konnex con otros estándares como UpnP, WAP, Bluetooth, Jini, etc. se puede decir que el Departamento de Sistemas de la Asociación Konnex tiene un gran número de proyectos en curso con objeto de definir las interfaces entre el estándar KNX y otras tecnologías.

IV.4 X-10

X-10 es actualmente una de las tecnologías más ampliamente extendidas para aplicaciones domésticas. Su funcionamiento es muy sencillo y se basa en la transmisión de impulsos de 0,5 W en instantes en los que la señal sinusoidal de corriente alterna presenta un valor nulo de potencia.

La codificación de línea utiliza dos ceros de la señal eléctrica para enviar un 1 o un 0. Para transmitir un

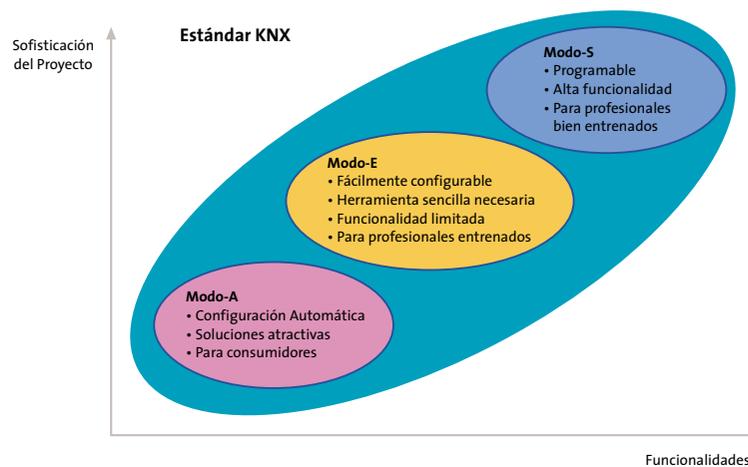
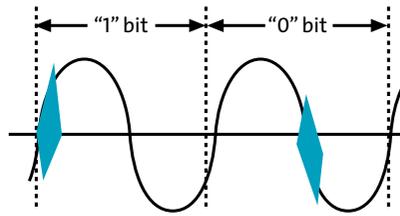


Figura IV.13:
KNX frente a los modos de operación.

Figura IV.14:
Señal de transmisión en X-10.

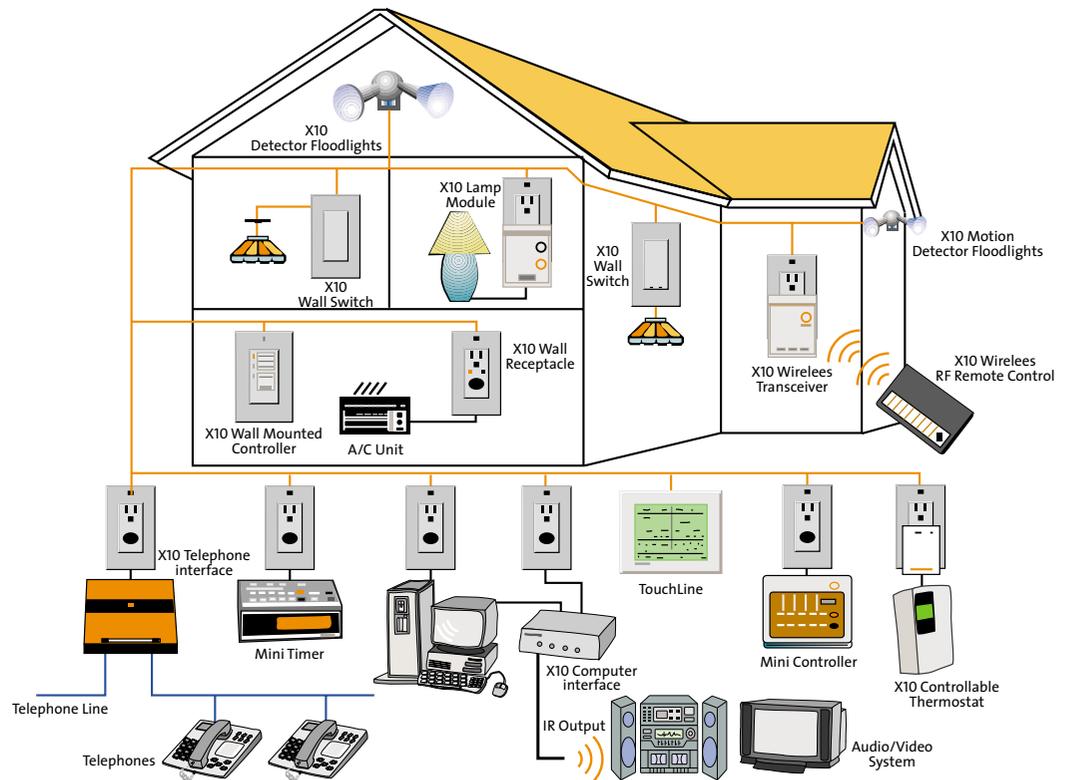


1 el impulso se envía el cero de la señal cuando esta presenta una pendiente positiva y para transmitir un 0 cuando la pendiente es negativa, tal y como se muestra en la **Figura IV.14:**

En Europa la velocidad obtenida es de 25 bps (30 bps en USA), por lo que las posibles aplicaciones de este protocolo son muy simples: encender o apagar los electrodomésticos, regular la intensidad de la iluminación, etc...

La **Figura IV.15** muestra un esquema simplificado de cómo puede utilizarse X10 en un hogar:

Figura IV.15:
Uso de X-10 en el hogar.



IV.5 LONWORKS

Lonworks es una tecnología de control domótico bidireccional propietaria de la compañía Echelon Corp (<http://www.echelon.com>). Se diseñó para servir tanto al mercado residencial como industrial. En función del interfaz físico utilizado Lonworks puede ser operativo en una gran variedad de medios de transmisión: aire, par trenzado, coaxial, fibra, o red eléctrica.

Lonworks es una tecnología de banda estrecha (125-140 kHz) por lo que sufre menor ruido que otras tecnologías que usan bandas más anchas. Además el sistema incluye métodos propietarios de cancelación de ruido. Una ventaja de Lonworks es que lo reducido de su banda de trabajo le permite ser utilizada en todo el mundo.

La velocidad típica obtenida con Lonworks sobre red eléctrica es de entre **4 y 5 Kbps** mediante el uso de una modulación BPSK y protocolos de acceso al medio de espera y escucha CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*).

Actualmente, debido a su coste, Lonworks está se emplea principalmente en sistemas industriales como: control de ascensores, de la iluminación de pistas de aterrizaje, de cintas para el transporte de equipajes en aeropuertos, etc.

IV.6 COMUNICACIONES SOBRE LA RED ELÉCTRICA (PLC)

La opción de utilizar la red eléctrica surge al **disponer de un cableado** ya existente con las ventajas que esto supone en cuanto al ahorro en el coste del sistema, **siendo necesario simplemente un equipamiento basado en módem en los equipos de los usuarios.**

Las líneas eléctricas **son las redes con mayor capilaridad que existen** ya que llegan a cada enchufe de cada hogar. Esto permite que la tecnología PLC (*Power Line Communications*) pueda aplicarse tanto en la **red pública** como en el interior de los hogares. La red eléctrica fue diseñada para la transmisión de energía a frecuencias de 50Hz. Ante la liberación del mercado de la energía se está investigando cómo extender este mercado. Esto junto con la gran demanda de transmisión de datos debida a Internet hace plantearse la red eléctrica como una alternativa para transmitir información.

La red eléctrica se caracteriza por proporcionar **tasas de hasta algunos Mbps en un medio compartido**. Diversos estudios realizados sobre las velocidades que se consiguen sobre la red eléctrica indican que esta tecnología trabaja bien con tasas hasta 1.3Mbps. Además de considerar que las tasas disponibles están limitadas hay que tener en cuenta que estas velocidades son compartidas por muchos usuarios (20 ó 30 usuarios) y que los cables al no ser trenzados suponen una radiación elevada. Las comunicaciones que se realizan sobre este medio se conocen como **comunicaciones PowerLine**.

Concretamente la interacción del ordenador con otros terminales eléctricos supone un problema debido a que las frecuencias y nivel de ruido de la red cargada son prácticamente del mismo rango que de la señal a transmitir. El ruido procedente de los distintos dispositivos conectados a las líneas tiene tres componentes principales: Ruido Impulsivo, Ruido Total y Ruido de Fondo.

El **alcance** de la transmisión es de **300 ó 500 metros** necesitando repetidores a partir de esta distancia.

Estándares europeos han establecido **límites** muy bajos en la **potencia de transmisión** y en la **frecuencia** para comunicaciones a través de las redes eléctricas. Niveles de transmisión de 1.2 V y frecuencias de 148.5KHz son las más altas permitidas a causa de la compatibilidad electromagnética (efectos de la comunicación a través de powerline sobre el resto de terminales de la red). No obstante operadores y fabricantes han combinado esfuerzos en el *International Powerline Communications Forum* para acelerar el proceso de regulación para al menos las frecuencias del rango de Megahertzios. Frecuencias más altas además de experimentar menos interferencias son necesarias para alcanzar tasas de transmisión más elevadas.

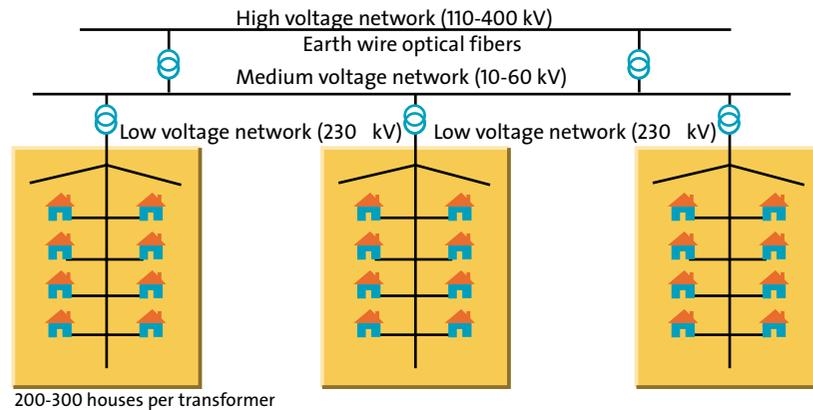
Con el objetivo de conseguir atenuar los problemas citados se está estudiando la modulación **OFDM** (*Orthogonal Frequency Multiplex Modulation*) donde la información es distribuida en portadoras adyacentes y enviadas simultáneamente. Las frecuencias de portadoras que sean muy susceptibles de interferir no son utilizadas para la transmisión de datos. Además se utiliza redundancia, enviando una señal múltiples veces, asegurando así la integridad de la información.

Otras modulaciones utilizadas con el objetivo tanto de obtener alta eficiencia espectral como baja tasa de error de bit son **$\pi/4$ – DQPSK y GMSK**. La primera se es una variante de QPSK incluyendo codificación diferencial de los datos, y un filtrado de conformación de pulso de tipo coseno alzado que reduce el ancho de banda ocupado por la señal evitando que la interferencia entre símbolos fuese elevada. GMSK resulta de manipular espectralmente a MSK, conservando la característica de envolvente constantes. La manipulación consiste en aplicar un prefiltrado gaussiano, reduciendo así los lóbulos secundarios y limitando por tanto el ancho espectral ocupado en la transmisión.

IV.6.1 Estructura de la red eléctrica

La estructura de la red eléctrica se divide en tres niveles a modo de estructura arbórea, como se muestra en la **Figura IV.16**, donde el medio es compartido por un elevado número de usuarios. Esta estructura presenta problemas de reflexión de las señales por los múltiples caminos que existen.

Figura IV.16:
Estructura de tres capas.



La **red de bajo voltaje** es utilizada para la conexión con el cliente constituyendo así la red de distribución. Las comunicaciones a través de líneas eléctricas requieren de **módems especiales** en las dependencias de los usuarios y de **concentradores** en las estaciones transformadoras de baja tensión donde se realiza la conexión a los proveedores de telecomunicaciones. Estos equipos "powerline" permiten combinar la corriente eléctrica con altas frecuencias que transportan voz y datos. Desde un principio, el 'handicap' más importante para la tecnología PLC era la capacidad de transmisión de las redes de baja tensión: unos 2Mbps como máximo. Sin embargo, en los últimos cuatro años se han hecho numerosos adelantos en las **técnicas de modulación** por lo que actualmente se están consiguiendo unos rendimientos en cuanto a capacidad de transmisión muy aceptables: máximos entre 10 y 12 Mbps¹ (Fuente: <http://www.noticias.com>).

¹ Fabricantes como Intellon o DS2 afirman que disponen de sistemas capaces de transmitir a 14Mbps y 45 Mbps respectivamente.

En la **Figura IV.17** se muestra como se realiza la transmisión de datos sobre la red de bajo voltaje. La señal de datos es inyectada a la red de baja tensión en la estación situada en el transformador y es recibida por todos los usuarios conectados al mismo. La estación base cuya dirección sea la destinataria será la que procesará los datos. El alcance de la transmisión es de entre **300 a 500 metros** necesitando repetidores a partir de esta distancia.

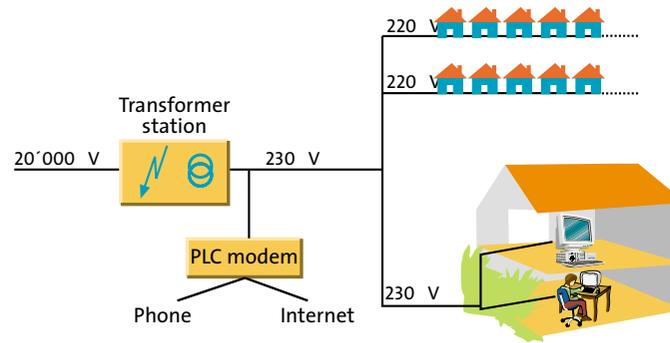


Figura IV.17:
Red de distribución.

Una característica muy importante de la tecnología PLC es que todos los domicilios conectados al concentrador comparten el mismo canal de comunicaciones, por lo que en PLC **el ancho de banda es compartido** por lo que las velocidades máximas por usuario están entre los 100 Kbps y los 200 Kbps. Esta capacidad permite servicios de **telefonía** y de **acceso a Internet** pero no permitiría ofrecer difusión de TV ni VoD.

En la **Tabla IV.3** es muestra el número medio de usuarios que comparten un transformador:

Europa	200-300
EEUU	5-20
China	200-300
Japón	5-10

Tabla IV.3:
Número de clientes por transformador.

En Europa cada nodo agrupa entre 200 y 300 casas que comparten el ancho de banda. Cada aparato conectado a la red es controlado por una dirección IP individual.

Las **redes de alto y medio voltaje** presentan mejores prestaciones que los de bajo voltaje por lo que podrían ser utilizadas para transportar el tráfico procedente de aquellos transformadores en los que no exista acceso a líneas de telecomunicaciones². Sin embargo la capacidad de estos enlaces se encuentra limitada por lo que en general deberá existir una infraestructura de telecomunicaciones que llegue hasta los transformadores. Por ejemplo, se podrían utilizar enlaces **xDSL** entre la central telefónica y el concentrador "powerline".

IV.6.2 PLC en el interior de los hogares

Una de las aplicaciones más interesantes de la tecnología PLC es su utilización en el interior de los hogares **convirtiendo las líneas de baja tensión en el soporte de una red de área local** a la que se podrían conectar diversos equipos domésticos.

Al utilizar las líneas de baja tensión se podría construir una red doméstica sin necesidad de instalar nuevos cables reduciendo así los costes y evitando molestias a los usuarios. Otra alternativas para crear redes en el interior de los hogares sería emplear la tecnología WLAN (*Wireless LAN*) o la utilización del

² El sistema LineRunner de Alcatel está diseñado para el transporte de datos sobre las líneas de control y media tensión.

cable telefónico doméstico.

- ❑ La ventaja que presenta la red eléctrica frente a la telefónica es su **capilaridad** ya que en los hogares difícilmente existen más de dos conectores telefónicos y por tanto para extender la red por todo el hogar habría que desplegar nuevo cable con los inconvenientes que ello conlleva.
- ❑ Según los fabricantes de sistemas "powerline" su tecnología presenta las siguientes ventajas frente a WLAN:
- ❑ Powerline no necesita hardware para la conversión de radiofrecuencia por lo que puede ser **potencialmente más barato**.
- ❑ La **seguridad** en la comunicación con powerline es equivalente a la que se obtiene en una LAN cableada.
- ❑ En WLAN se necesita **visión directa** por lo que debería existir un punto de acceso en cada habitación mientras que en powerline basta con tener una pasarela para todo el hogar.

Por otro lado la principal desventaja que presenta powerline a día de hoy frente a las anteriores alternativas es su coste. Actualmente los precios de los equipos powerline son superiores³ especialmente debido a lo reducido de su volumen de fabricación.

La arquitectura típica de una red doméstica powerline consta de dos elementos distintos:

- ❑ **Pasarela doméstica (Home Gateway)**. Este equipo realiza las tareas de interconexión de la red doméstica con el exterior para ello puede disponer de todo tipo de interfaces de acceso: xDSL, cable-módem, powerline, bluetooth, LMDS, etc...
- ❑ **Módem PLC**: Estos equipos adaptan la señal procedente de diversos equipos (PCs, impresoras, teléfonos, webcams, dispositivos de telemetría,...) a las condiciones de la red de baja tensión por lo que deben disponer de una amplia variedad de interfaces (10BT, RS-232, POTS,USB,...).

La tecnología "powerline" en el interior de los hogares ya alcanza velocidades de hasta 14 Mbps lo que permite un amplio abanico de aplicaciones:

- ❑ **Interconexión de los distintos PCs** del hogar constituyendo una LAN. Los PCs se conectarían a los enchufes a través de módems PLPC.
- ❑ **Acceso a Internet desde cada enchufe**. Para ello es necesario que en la pasarela doméstica exista una conexión a Internet (xDSL, cable-modem, powerline, etc...).
- ❑ **Telefonía Powerline**. La telefonía será uno de los servicios más importantes que se podrán ofrecer mediante PLC. Tanto los teléfonos analógicos como IP se podrán conectar a centrales locales o a centralitas privadas a través de la red eléctrica.
- ❑ **Video/TV**⁴. Si la pasarela doméstica se encuentra conectada a una red de difusión de vídeo la señal puede ser distribuida por todo el hogar. El canal "ascendente" en TV interactiva se podría implementar mediante tecnología PLC.

³ El precio de un módem powerline es aproximadamente el doble que el de una tarjeta WLAN

⁴ La compañía Polytrax ofrece un sistema "indoor" para la distribución de vídeo por la red doméstica de baja tensión.

- ❑ **Distribución de música en cada habitación.** La señal de audio generada por un equipo de música puede ser distribuida por todo el hogar a través de la red eléctrica. Con tasas de transferencia de 180 Kbps se obtiene una excelente calidad de sonido.
- ❑ **Integración de powerline con Bluetooth.** para facilitar la conexión de los PCs, o cualquier otro dispositivo a la red sin necesidad de cables.
- ❑ **Control remoto de distintos sistemas domésticos.** La red eléctrica puede utilizarse como medio de transmisión para **servicios domóticos** como la lectura automática de contadores o el control remoto de cámaras de seguridad, del horno, de sistemas de aire acondicionado o de calefacción, etc. Los sistemas de automatización basados en los estándares **EIB** o **Instabus** sobre red eléctrica son bien conocidos sin embargo este tipo de sistemas tan sólo ofrecen tasas de bit de unos pocos Kps. En la actualidad los sistemas PLC de alta velocidad que alcanzan tasas de bit de varios Mbps pueden integrar los servicios comentados en los puntos anteriores y además soportar sistemas de automatización.

IV.6.3 Descripción de la capa física

IV.6.3.1 Problemas derivados de la transmisión por red eléctrica

La red eléctrica de baja tensión se caracteriza por presentar una **impedancia variable con el tiempo y la frecuencia**, múltiples **reflexiones**, así como niveles variables de **interferencia electromagnética y ruido**. Entre los equipos domésticos que más interferencias introducen a la señal se encuentran los monitores, los calentadores de inducción, las estaciones de radio o las fuentes de alimentación. La interacción de estos dispositivos eléctricos supone un problema importante debido a que las frecuencias y nivel de ruido de la red cargada son prácticamente del mismo rango que de la señal a transmitir. Además los cables eléctricos al no estar trenzados emiten una **radiación elevada** que puede interferir a las emisiones de radio.

En los últimos años se han realizado importantes progresos en las técnicas de **modulación, codificación de canal y corrección de errores** para solventar los problemas derivados de la transmisión por red eléctrica. En el apartado siguiente realizaremos una breve descripción de estas técnicas.

IV.6.3.2 Codificación de canal

En la codificación de canal se utilizan técnicas de corrección de errores en recepción (**FEC, Forward Error Correction**) para aumentar la fiabilidad de la transmisión. Estas técnicas introducen **redundancia** en los mensajes⁵ a partir de una codificación previa a la modulación de la señal, sin embargo son de gran utilidad en medios de transmisión *hostiles*, como es el caso de la red eléctrica, ya que aportan una serie de importantes ventajas:

- ❑ Aumentan el "*throughput*" y la fiabilidad de la transmisión
- ❑ Minimizan la potencia requerida (consumo), el ancho de banda y la complejidad del sistema

⁵ Según el fabricante Intellon la redundancia se encuentra entre el 25% y el 50%

Los sistemas PLC generalmente utilizan el protocolo **ARQ** (*Automatic Repeat Request*) para proporcionar un servicio fiable al nivel de red. Por otro lado utilizando técnicas FEC se consigue que no todos aquellos paquetes de datos que resulten dañados durante la transmisión por la red eléctrica tengan que ser reenviados.

El parámetro principal que caracteriza a las técnicas FEC es la **ganancia de codificación**. Este parámetro se define como la reducción en la relación señal a ruido (E_b/N_0) necesaria para alcanzar la misma probabilidad de error que un sistema sin codificación, manteniendo las mismas características en la transmisión.

Un sistema de codificación con 3 dB de ganancia de codificación podría aportar las siguientes ventajas:

- Reducir el ancho de banda en un 50%
- Duplicar el throughput
- Incrementar el alcance en un 40%
- Reducir el consumo de energía a la mitad

Hasta el momento se han llegado a alcanzar ganancias de codificación en powerline de hasta 15 dB.

Existen múltiples códigos que se pueden utilizar en técnicas FEC:

- **Códigos de bloque**
 - Hamming
 - BCH
 - Reed-Solomon
- **Códigos convolucionales**
- **Códigos de Trellis**
- **Códigos concatenados**
 - Viterbi/Reed-Solomon

Entre los códigos de corrección de errores más utilizados en "powerline" destacan los códigos de bloque lineal **BCH** (*Bose-Chaudhuri-Hocquenghem*) y los códigos concatenados de **Viterbi/Reed Solomon**.

Códigos BCH

El código BCH es uno de los más importantes **códigos de bloques lineales**. La codificación de bloque lineal es el resultado de una aplicación lineal realizada sobre mensajes originales divididos en bloques de k bits a partir de los cuales se obtienen palabras código de n bits. Si se tiene un código BCH(n,k), siendo n el número de bits de la palabra código y k el número de bits de los bloques originales entonces

ces pueden obtenerse fácilmente las siguientes relaciones:

- **n-k**: número de bits de redundancia o de paridad empleados.
- **(n-k)/k**: redundancia del código, es decir, la razón entre el número de bits de paridad empleados y el número de bits necesarios para representar el mensaje.

A las aplicaciones lineales realizadas sobre los datos se les denomina **polinomios generadores**. Las características del polinomio generador elegido determinan la redundancia introducida y la capacidad para corregir errores.

Idealmente un código debería tener pocos bits de redundancia sin embargo esto está enfrentado con su eficacia, ya que cuanto mayor es la redundancia mayor es el número de errores que es capaz de corregir. En concreto para el caso de los **códigos BCH** se cumplen las siguientes relaciones entre capacidad de corrección, redundancia y tamaño de los mensajes:

- $n=2^m-1$, donde $m \geq 3$
- $n-k \leq m \cdot t$, donde t es el número de errores que pueden ser corregidos

Cuanto mayor sea la redundancia y menor la longitud de las palabras códigos mayor será el número de errores corregibles y menor la eficiencia en la transmisión.

Los códigos BCH además de lineales son también **cíclicos** lo que significa que cualquier desplazamiento de una palabra código es también una palabra código al igual que cualquier operación realizada sobre palabras código desplazadas. Los códigos cíclicos son especialmente útiles para la **detección de errores**.

Códigos convolucionales

La principal diferencia entre **una codificación** de bloque lineal y una **convolucional** es que esta última **es recurrente**; es decir, la palabra código obtenida, no sólo **depende de los símbolos** presentes a la entrada del decodificador, sino también de los **anteriores** (cierta cantidad de ellos), lo cual implica obligatoriamente la presencia de memoria en dicho codificador.

Otra característica diferenciadora es el número de parámetros que definen genéricamente el código. En el caso bloque lineal, estos parámetros eran la longitud de las palabras código n , y la longitud de los bloques originales k . En los códigos convolucionales **existen tres parámetros** en vez de dos **(n,k,K)**. Un codificador convolucional está compuesto por un conjunto de **K registros de desplazamiento**; cada registro de desplazamiento está compuesto por **k bits**. El codificador posee n salidas siendo cada una de ellas cierta combinación lineal de los $k \cdot K$ bits presentes dentro del decodificador. Al parámetro K se le denomina **longitud de constricción**.

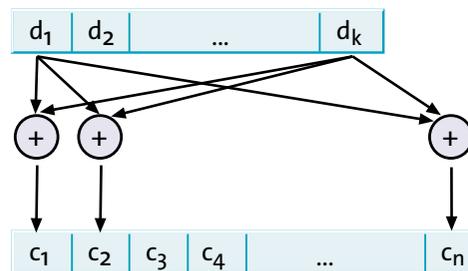
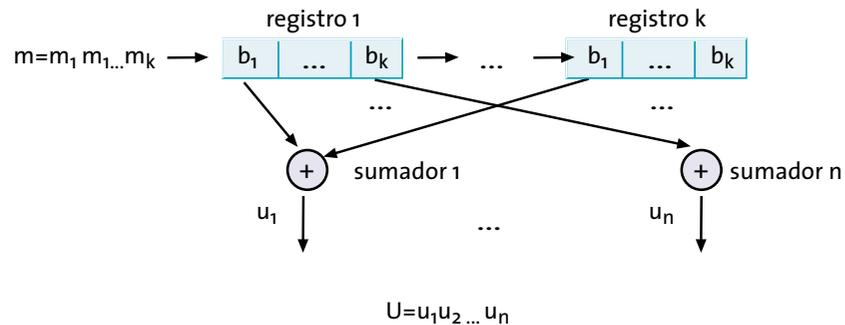


Figura IV.18:
Ejemplo de codificación de bloque lineal.

Al codificador se le van introduciendo mensajes de k bits; la salida, de n bits resulta de una combinación lineal de los $k \cdot K$ bits de información residentes en el codificador; puede comprobarse entonces, que dicha salida, no sólo va a depender del mensaje actual, sino también de los $K-1$ mensajes anteriores.

En la **Figura IV.19** se muestra la estructura de un codificador convolucional genérico:

Figura IV.19:
Codificador convolucional genérico.



El algoritmo de **Viterbi** reduce la complejidad computacional de la decodificación convolucional. Una de las principales de este algoritmo es que **presenta un tiempo de decodificación fijo** y es adecuado para su implementación hardware. Sin embargo los tiempos de decodificación crecen exponencialmente en función de la longitud de constricción (K) por lo que normalmente no se utilizan valores de K mayores de 9. La compañía norteamericana Intellon utiliza la decodificación de Viterbi con velocidades de 14 Mbps.

La codificación convolucional con decodificación de Viterbi es una técnica FEC especialmente útil para canal que sufren de **ruido blanco gaussiano** (AWGN), como es el caso de las comunicaciones espaciales. El AWGN es un ruido de media nula y desviación estándar relacionada con la relación señal a ruido en el receptor. Sin embargo **la red eléctrica introduce además otro tipo de degradaciones** debidas a reflexiones, desvanecimientos o interferencias. Los códigos convolucionales pueden ayudar a tratar estos problemas adicionales pero por sí solos no son la técnica FEC más adecuada para red eléctrica. Por tanto una técnica muy común es **concatenar los códigos convolucionales con otro tipo de códigos**, como los de Reed Solomon, **para así aumentar su eficacia** en medios de transmisión como la red eléctrica o enlaces de radio terrestres.

Códigos concatenados Viterbi/Reed Solomon

Los códigos concatenados Viterbi/Reed Solomon consisten en la aplicación en serie de dos códigos distintos. La información primero se codifica con el método de **Reed-Solomon**, y a continuación se aplica una **codificación convolucional**. En recepción es proceso es inverso primero se realiza la decodificación convolucional mediante el algoritmo de **Viterbi** y posteriormente con el de Reed Solomon.

La codificación **Reed Solomon** es una particularización de los códigos BCH. La nomenclatura típica es **RS(255,255-2·t)**. Cada palabra código contiene 255 bytes (no bits) de los cuales $2 \cdot t$ bytes son de redundancia donde t es el número de símbolos incorrectos capaces de ser corregidos.

Actualmente esta técnica además de utilizarse en powerline es muy común en DBS y comunicaciones VSAT.

IV.6.3.3 Técnicas de modulación

La primera generación de módems "powerline" utilizaban **modulación FSK**, sin embargo las tasas de bit obtenidas mediante esta modulación eran muy bajas (unos 25 Kbps) por lo que se optó por otros tipos de modulación que adaptasen la carga a las condiciones cambiantes del medio.

La red eléctrica se caracteriza por presentar desvanecimientos variables con el tiempo y la frecuencia. Un desvanecimiento es una distorsión provocada por las variaciones de las características físicas del canal que tiene como resultado una disminución de la potencia recibida. Las mayores distorsiones son provocadas por los desvanecimientos profundos que son selectivos en frecuencia, afectando de manera distinta a las diferentes componentes frecuenciales de la señal enviada. De esta manera, algunas frecuencias se verán muy atenuadas mientras que otras pueden tener una ganancia en potencia. Suelen ser provocados por la existencia de múltiples reflexiones que introducen interferencias entre los rayos que alcanzan el receptor, teniendo como señal resultante la suma de las señales que llegan hasta él.

Como consecuencia inmediata de la atenuación soportada en las portadoras más afectadas por el desvanecimiento, tenemos que si el nivel de ruido en el canal es suficientemente elevado, no va a ser posible recuperar la información transportada por las mismas aunque se utilicen técnicas FEC. Este hecho que implicaría la aparición de una ráfaga de errores en la decodificación lo que obligaría a la retransmisión de los paquetes de datos dañados.

Por tanto en "powerline" se hace necesario utilizar técnicas de modulación que se adapten a las condiciones variables del canal ya que con este tipo de modulaciones se aprovecharía al máximo el ancho de banda de la red eléctrica⁶ y se evitarían las retransmisiones derivadas de los errores de ráfaga.

OFDM

En la actualidad la técnica de modulación más extendida en PLC es la **OFDM** (*Orthogonal Frequency Multiplex Modulation*) donde la información es distribuida en portadoras adyacentes que son enviadas simultáneamente y que adaptan su tasa de bit en función de las condiciones del medio. La modulación OFDM también se utiliza en otros sistemas como DSL, televisión digital terrestre o WLAN (IEEE 802.11a) para aumentar la eficiencia de la transmisión en medios *hostiles*.

La idea en la que se basa el funcionamiento de OFDM es **distribuir la capacidad** del canal en múltiples portadoras de menor capacidad en vez de utilizar una sola portadora.

En los sistemas de multiplexación en frecuencia tradicionales el ancho de banda se reparte entre distintas portadoras separadas por una banda de guarda para evitar su solapamiento lo que implica un uso deficiente del espectro. Por otro lado en OFDM se utilizan múltiples portadoras solapadas y espaciadas en saltos de frecuencia iguales a la inversa del período de símbolo ($1/T$). Utilizando espaciados entre portadoras de $1/T$ (o múltiplos de éste) se consigue que las portadoras sean ortogonales entre sí lo que permite demodularlas a pesar de que exista un solapamiento espectral. En la **Figura IV.20** podemos observar este hecho con mayor claridad.

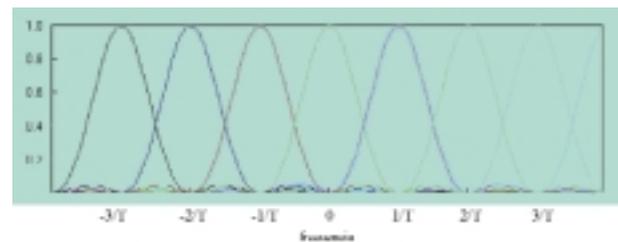


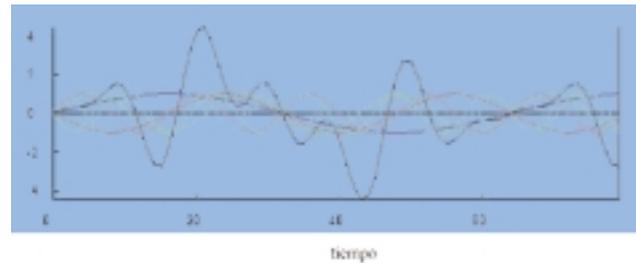
Figura IV.20:
Espaciado de portadoras OFDM.

⁶ EL sistema OFDM de 1280 portadoras de DS2 consigue una eficiencia de 7,25 bps/Hz

El espectro de las señales digitales (típicamente BPSK) se corresponde con una sinc con ceros en los múltiplos $1/T$, por tanto añadiendo nuevas portadoras en estos ceros se consigue una utilización óptima del espectro.

La transmisión de las subportadoras podría realizarse mediante un modulador por cada subportadora sin embargo esta solución resulta demasiado costosa. La solución a este problema consiste en utilizar la **transformada inversa de Fourier (IFFT)** para generar la señal OFDM ya que **se puede demostrar que el conjunto de subportadoras ortogonales puede representarse como una IFFT**. Alternativamente, para su implementación práctica, se puede utilizar una DFT seguida de un filtro paso bajo para generar la señal OFDM. En la **Figura IV.21** podemos observar el aspecto que presenta la señal multiportadora en el dominio del tiempo.

Figura IV.21:
Señal OFDM en el dominio del tiempo.

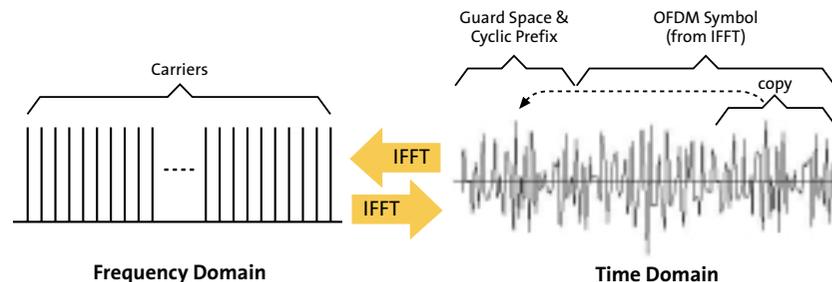


el conjunto de subportadoras ortogonales puede representarse como una IFFT. Alternativamente, para su implementación práctica, se puede utilizar una DFT seguida de un filtro paso bajo para generar la señal OFDM. En la **Figura IV.21** podemos observar el aspecto que presenta la señal multiportadora en el dominio del tiempo.

Como podemos observar en la figura para algunas combinaciones de datos en las subportadoras los picos de potencia son mucho más altos que para otras lo que complica la implementación de amplificadores OFDM⁷.

Una de las principales ventajas de OFDM es su eficacia para reducir la interferencia entre símbolos (ISI InterSymbol Interference) debida a la dispersión del retardo típica de comunicaciones radio y powerline ya que al reducir la tasa de bit por subportadora también reduce de forma proporcional la dispersión del retardo. Además para eliminar completamente la ISI que pudiera aparecer en OFDM se introduce un período de guarda en cada símbolo que debe ser mayor que la dispersión del retardo esperada. Si el período de guarda se dejase vacío se produciría una interferencia entre portadoras ya que estas perderían la ortogonalidad entre sí. Para evitar esto se extiende cíclicamente el símbolo OFDM en el período de guarda. Esto asegura que las réplicas retrasadas de los símbolos OFDM siempre tienen un número entero de ciclos dentro del intervalo FFT.

Figura IV.22:
Obtención de los símbolos a partir de la IFFT.



La IFFT es una función reversible por lo que en recepción los datos pueden recuperarse a partir de la transformada de Fourier (FFT). La siguiente figura muestra el proceso de conversión del dominio de la frecuencia al temporal. En la figura anterior también podemos observar como se añaden los períodos

⁷ Generalmente en los repetidores powerline no se amplifica directamente la señal OFDM sino que se realiza una regeneración total de la señal. Este hecho incide en gran medida en el precio final del regenerador de señal PLC.

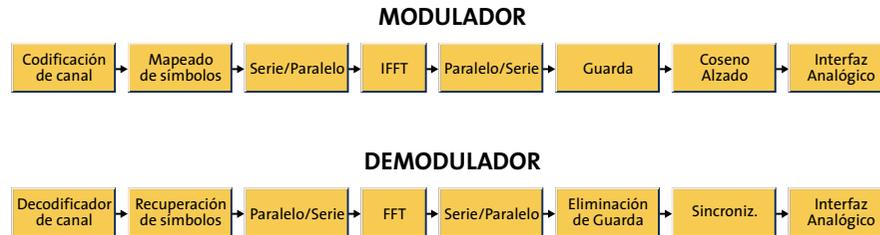
de guarda en la señal temporal para evitar la interferencia entre símbolos.

En la **Figura IV.23** se muestra los diagramas de bloques genéricos de un modulador y un demodulador OFDM.

Figura IV.23:
Modulador/Demodulador OFDM.

La señal digital procedente del codificador de canal se completa con ceros (mapeado) para poder aplicar la **IFFT**. A la señal resultante se le aplica un período de guarda en función de la dispersión del retardo del canal; a continuación el símbolo OFDM se multiplica por una ventana de coseno alzado para

extraer la potencia de las portadoras fuera de banda. El proceso realizado en el receptor es equivalente al cual, sin embargo se le añade una tarea muy importante, la **sincronización**, ya que **las portadoras sólo son ortogonales si el emisor y el receptor utilizan exactamente las mismas frecuencias**. Por ello el receptor debe corregir cualquier desviación en la frecuencia de la portadora para la señal recibida.



Hasta el momento hemos visto como OFDM es capaz de aumentar la eficiencia de la transmisión utilizando múltiples portadoras solapadas en vez de sólo una. Sin embargo **la eficiencia** de la transmisión aún **puede incrementarse** más si se adapta de forma dinámica **la tasa de bit** de cada portadora **a las condiciones cambiantes** del medio como se muestra en la **Figura IV.24**.

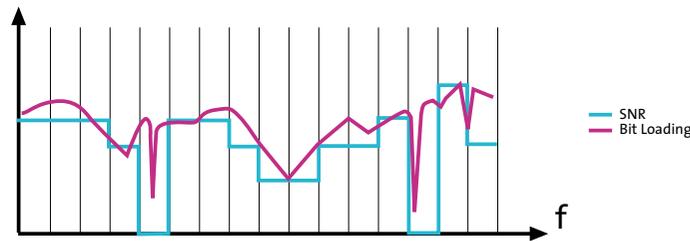


Figura IV.24:
Distribución de la carga en modulación OFDM.

Cuando OFDM se basa en el uso de ecualizadores se emite de forma periódica una "secuencia de entrenamiento" para medir el grado de atenuación que existe en cada portadora. Con los datos obtenidos a partir de la "secuencia de entrenamiento" se configura una etapa de ecualización que adapta la tasa de bit de cada portadora a las condiciones del medio. Por otro lado las frecuencias de portadoras que sean susceptibles de provocar interferencias no son utilizadas para la transmisión de datos.

Otro sistema consiste en utilizar modulación diferencial de fase donde los datos se codifican como la diferencia de fase entre dos símbolos adyacentes en la misma portadora. Mediante este sistema se elimina la necesidad de utilizar ecualizadores.

□ Otras técnicas de modulación

Otras modulaciones utilizadas con el objetivo tanto de obtener alta eficiencia espectral como baja tasa de error de bit son **$P/4 - DQPSK$** y **$GMSK$** . La pri-

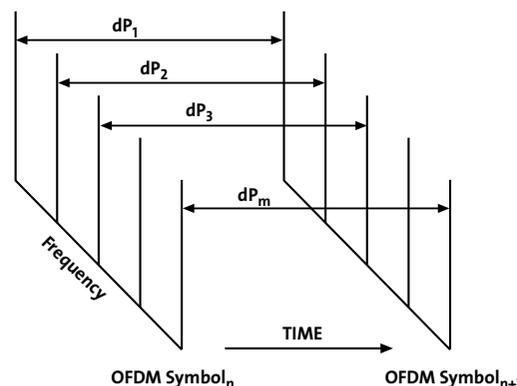


Figura IV.25:
Modulación de fase diferencial.

mera se es una variante de QPSK incluyendo codificación diferencial de los datos, y un filtrado de conformación de pulso de tipo coseno alzado que reduce el ancho de banda ocupado por la señal evitando que la interferencia entre símbolos fuese elevada. GMSK resulta de manipular espectralmente a MSK, conservando la característica de envolvente constantes. La manipulación consiste en aplicar un prefiltrado gaussiano, reduciendo así los lóbulos secundarios y limitando por tanto el ancho espectral ocupado en la transmisión.

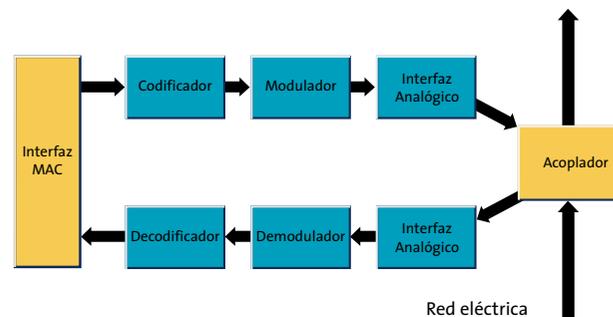
Según las pruebas realizadas hasta el momento parece que la modulación OFDM presenta mejores prestaciones que la GMSK⁸.

IV.6.3.4 Arquitectura de un equipo powerline

Los equipos "powerline" constan de varios bloques funcionales básicos

- ❑ Interfaz digital que procesa los datos de entrada y salida a nivel MAC
- ❑ Codificador/decodificador de datos donde se aplican los códigos de corrección de errores
- ❑ Modulador/demodulador de la señal digital
- ❑ Interfaz analógico con la red eléctrica
- ❑ Acoplador que aísla y protege a los equipos PLC de la red eléctrica

Figura IV.26:
Diagrama de bloques de un equipo powerline.



IV.7 BLUETOOTH

Bluetooth es un protocolo estándar de comunicaciones que permite la conexión entre toda clase de dispositivos. El nombre de Bluetooth proviene del nombre de un rey vikingo que vivió en la última parte del siglo X y que controló y unió Dinamarca y Noruega (de ahí la inspiración del nombre: unir dispositivos a través de Bluetooth). Se trata de una tecnología de radio de corto alcance para la conexión sin hilos de dispositivos móviles (PDAs, teléfonos móviles, portátiles, hornos de cocina, frigoríficos, termostatos, etc.) y que opera en el espectro de frecuencias de 2.4 GHz.

⁸ Los sistemas de Ascom utilizan GMSK sin embargo están considerando sustituirla por OFDM para aumentar la tasa de bit.

La tecnología Bluetooth es el resultado de los logros conseguidos por 9 compañías líderes en la industria de las telecomunicaciones como son 3 Com, Ericsson, Intel, IBM, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba. Todas estas compañías fundaron el SIG (*Special Interest Group*) en julio de 1999 con objeto de formar un soporte industrial para que el protocolo Bluetooth se convirtiera en un estándar industrial. El SIG actualmente cuenta con más de 2400 compañías miembros. Esto es lo que está haciendo que este estándar esté creciendo tan deprisa. De hecho, se espera que para antes del año 2002 la tecnología Bluetooth esté incorporada en cientos de millones de dispositivos electrónicos.

Este protocolo está pensado para permitir que diferentes dispositivos intercambien datos de forma inalámbrica. Esta conexión se basa en FHSS en la banda de 2.4 GHz, soportando tasas de hasta 1 Mbps y alcanzando rangos entre 10 centímetros y 10 metros, pero estos rangos se pueden extender hasta 100 metros aumentando la potencia transmitida. Entre sus características está que incluye soporte para hasta tres canales de voz, seguridad, disponibilidad actual, bajo consumo de potencia y bajo coste.

La gran ventaja de Bluetooth (que lo diferencia de otros similares como HomeRF) estriba en que quiere ser totalmente funcional incluso sin PC. Es decir, se trata de un sistema *ad-hoc*: no hay una estación base o un controlador central.

De hecho, la especificación Bluetooth es un estándar que contiene la información necesaria para asegurar que todos aquellos dispositivos que soporten la tecnología inalámbrica Bluetooth se puedan comunicar con los demás. La especificación está dividida en dos secciones:

- ❑ Volumen 1: *Núcleo*. En él se describe cómo funciona la tecnología, esto es, la arquitectura del protocolo Bluetooth.
- ❑ Volumen 2: *Perfiles Bluetooth*. Describe cómo se usa la tecnología, esto es, como se usan las diferentes partes de la especificación para que un dispositivo Bluetooth cumpla una función deseada.

La última versión del estándar Bluetooth es la versión 1.1, que ha sido ratificada en Noviembre del 2000 por el SIG y que incluye una serie de aclaraciones, correcciones y extensiones a la versión v1.0B de la especificación. La siguiente versión, la 2.0, se espera que esté aprobada a finales del año 2001. Soportará tasas de hasta 10 Mbps e incluirá soporte para el protocolo Internet.

Los productos Bluetooth que salgan al mercado llevarán un identificador, representado en la siguiente figura, por dos motivos:

- ❑ Es el identificador de que un producto cumple esa tecnología. Bluetooth es invisible, no como IrDA que puede ser identificada por el plástico especial que llevan los productos dentro del cual se encuentra en transmisor.
- ❑ Esa figura sirve como marca de calidad en cuanto a que sólo aquellos productos que hayan superado el programa de cualificación pueden llevar el símbolo.

IV.7.1 Descripción técnica resumida

La tecnología Bluetooth elimina la necesidad de utilizar cable para realizar la conexión de ordenadores, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y otra clase de dispositivos.

Para ello se inserta en los dispositivos digitales un microchip que incorpora un transmisor/receptor.

Con la tecnología Bluetooth se pueden realizar todas las conexiones instantáneamente y sin cable. Esta tecnología facilita una transmisión segura y rápida de voz y datos, incluso cuando los dos dispositivos entre los que se establece la comunicación no se encuentran en la misma línea de visión. El enlace por radio opera en una banda frecuencial global lo que asegura que sea compatible en cualquier lugar del mundo.

Las ventajas que ofrece la tecnología Bluetooth, propias de las redes inalámbricas, son:

- Se puede disponer de puntos de acceso de voz y datos
- No se necesita cable
- Se pueden tener redes personales ad-hoc

La tecnología Bluetooth se ha diseñado para ser completamente funcional incluso en medios muy ruidosos y sus transmisiones de voz son audibles bajo condiciones severas. La tecnología proporciona una tasa de transmisión muy alta y todos los datos están protegidos mediante métodos avanzados de corrección de errores, así como rutinas de encriptación y autenticación para la privacidad del usuario.

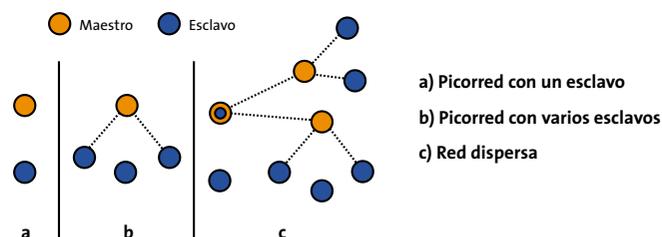
IV.7.1.1 Arquitectura y Operación de Bluetooth

El sistema Bluetooth posibilita la conexión punto–punto y la conexión punto–multi-punto. En la conexión punto–multi-punto varias unidades Bluetooth comparten el mismo canal. Dos o más unidades que comparten el mismo canal forman una piconet (picored). Existe una unidad master y pueden existir hasta 7 unidades slave activas. Estos dispositivos pueden estar en cualquiera de los siguientes estados: *active*, *park*, *hold* y *sniff*.

- *Active*. En este modo tanto el master como el slave participan de forma activa en el canal escuchando, transmitiendo o recibiendo los paquetes. El master y el slave están sincronizados.
- *Sniff*. En este modo el *slave* en vez de estar escuchando en cada slot el mensaje del master, chequea algunos periodos de tiempo, ahorrando potencia en aquellos instantes en los que se encuentra “durmiendo”.
- *Hold*. En este modo un dispositivo de forma temporal puede no soportar paquetes e ir a un modo de baja potencia para que el canal esté disponible.
- *Park*. Cuando un slave no necesita participar en el canal de la *piconet* pero todavía quiere permanecer sincronizado con el canal.

Si varias *piconets* tienen áreas de cobertura que se superponen forman una *scatternet* o red dispersa.

Figura IV.27:
Distintos tipos de Picored en Bluetooth.



Esta tecnología usa radioenlaces de corto alcance con el objetivo de sustituir los cables para realizar la comunicación entre dispositivos, ya sean fijos o móviles. Sus características básicas son su baja complejidad, baja potencia y bajo coste.

Está diseñada para operar en medios ruidosos y utiliza un esquema de *frequency hopping* para hacer el enlace fiable. Esta tecnología opera en la banda ISM a 2.4 GHz y evita la interferencia con otras señales simplemente realizando un salto a una nueva frecuencia después de transmitir o recibir un paquete. Comparado con otros sistemas en la misma banda frecuencial, los saltos Bluetooth son más rápidos y utiliza paquetes más cortos.

El sistema Bluetooth consta de una unidad de radio, una unidad de control del enlace y una unidad de soporte para realizar las funciones de control del enlace. El rango de operación varía de 10 metros (en interiores, por ejemplo dentro de casa), hasta 100 (por ejemplo en la sala de un aeropuerto) y depende de la potencia del transmisor en la antena. Así, dependiendo del tipo de dispositivo un enlace por radio Bluetooth puede transmitir una potencia variable desde 100 mW (20 dBm) hasta un mínimo de 1 W (0 dBm).

Además de utilizar FH utiliza un esquema TDD para la transmisión full-duplex y transmite utilizando la modulación GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*).

El protocolo Bluetooth utiliza una combinación de conmutado de paquetes y circuitos. El canal se divide en slots y cada slot se reserva para paquetes síncronos. La estructura de protocolos puede soportar:

- ❑ Un enlace ACL (Asynchronous Connection-Less) para datos
- ❑ Hasta tres enlaces simultáneos SCO (Synchronous Connection-Oriented) para voz
- ❑ Una combinación de datos asíncronos y voz síncrona.

Cada canal de voz soporta un canal síncrono a 64 Kbps en cada dirección. El canal asíncrono puede soportar un máximo de 723.2 Kbps en el enlace ascendente y 57.6 Kbps en el descendente (o viceversa) o 433.9 Kbps.

En la **Figura IV.28** se muestra que existe un protocolo a nivel físico (Banda Base) y un protocolo a nivel de enlace (LMP) con una capa de adaptación (L2CAP) que sirve de interfaz entre los protocolos de capas superiores y los protocolos de capas inferiores.

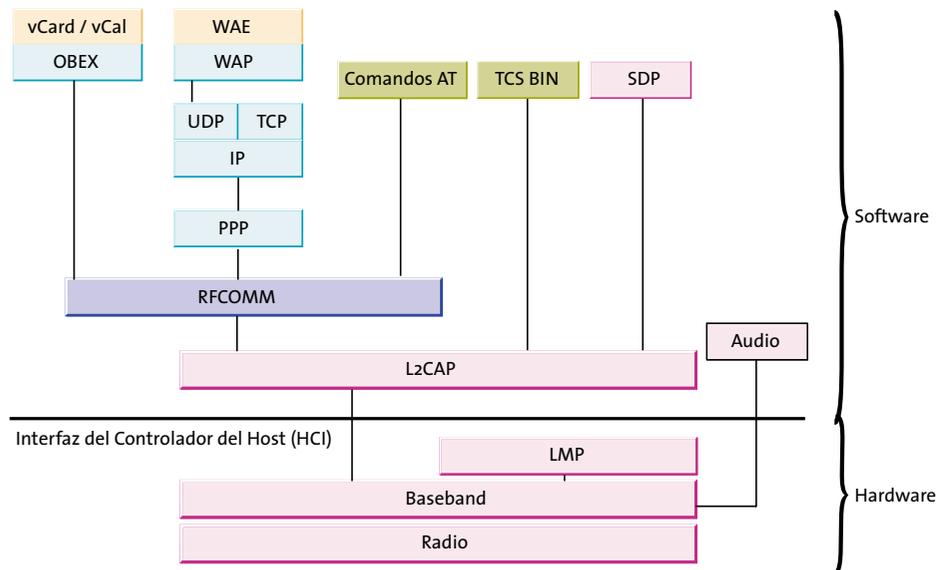


Figura IV.28: Diagrama de Protocolos de la especificación Bluetooth.

A continuación se presenta en la **Tabla IV.4**, a modo de resumen, una breve descripción técnica de la tecnología Bluetooth:

Tabla IV.4:
Resumen técnico de Bluetooth.

Resumen Técnico	
Rango	10 m (0 dBm)
Rango opcional	100 m (+20 dBm)
Potencia normal transmitida	0 dBm (1 mW)
Potencia opcional transmitida	-30 a + 20 dBm (100 mW)
Sensibilidad del receptor	-70 dBm
Banda de frecuencia	2400 - 2483 MHz
Máxima transferencia de datos	Asimétrica: 732.2 kbps Simétrica: 432.6 kbps
Máximo número de usuarios	Activos: 8 Inactivos > 200

La tecnología Bluetooth permite tanto la conexión punto a punto como la conexión punto–multi-punto. Se pueden establecer varias piconets de tal forma que posteriormente se unan. Todos los dispositivos en la misma piconet están sincronizados. La mejor forma de describir la topología de la red sería como una estructura múltiple de *piconets*.

Cada dispositivo Bluetooth puede estar conectado a más de 200 dispositivos y, como la tecnología

soporta las conexiones punto–punto y punto–multi-punto, la cantidad máxima de dispositivos conectados simultáneamente es casi ilimitada.

El protocolo de banda base Bluetooth es una combinación de conmutación de paquetes y circuitos. Las ranuras se reservan para los paquetes síncronos. Cada paquete se transmite en un salto diferente de frecuencia. Un paquete cubre nominalmente una ranura pero se puede extender hasta cubrir cinco ranuras. Bluetooth puede soportar un canal de datos síncrono, hasta tres canales de voz síncronos simultáneos, o un canal que soporta simultáneamente, datos asíncronos y voz síncrono. Cada canal de voz soporta un enlace síncrono de 64 kbps.

El canal asíncrono puede soportar un enlace asimétrico de 721 kbps como máximo en cualquier dirección mientras que permite 57.6 kbps en la dirección de retorno. También puede soportar un enlace simétrico de 432.4 kbps.

Esta tecnología limita la potencia de salida exactamente al valor necesario. Por ejemplo, si el dispositivo receptor indica que se encuentra a unos pocos metros del transmisor, éste último modifica la fuerza de la señal que emite para ajustarla al valor exacto. Es más, mediante esta tecnología también se puede desplazar el modo de operación a baja potencia cuando se pare el volumen de tráfico o alcance un valor bajo. Este modo de baja potencia solamente se ve interrumpido por señales muy cortas con el propósito de verificar la conexión establecida.

IV.8 IEEE 802.11

802.11 es el estándar para las Wireless LAN, desarrollado por el IEEE. Puede ser comparado con el estándar 802.3 para redes Ethernet de área local sobre cable. El principal objetivo del estándar es establecer un modelo de operación para resolver problemas de compatibilidad entre los fabricantes de equipos WLAN.

En junio de 1997 el grupo de trabajo 802.11 del IEEE ratificó un estándar para WLANs operando a una velocidad máxima de 2 Mbps. Este estándar tenía muchas lagunas, lo que provocó la inexistencia de

garantía alguna de interoperabilidad. Esto llevó a que los principales fabricantes de equipos WLAN trabajasen juntos con el laboratorio de interoperabilidad de la Universidad de New Hampshire para asegurar que sus productos pudieran ser compatibles entre sí.

El 16 de Septiembre de 1999 se aprobaron (en sesión plenaria) los suplementos 802.11.a y 802.11.b a la especificación existente 802.11. Se habían elegido el esquema de modulación propuesto por HARRIS/LUCENT para las velocidades altas en la banda 2.4 GHz (proyecto 802.11b), y el esquema de modulación de NTT/LUCENT para las velocidades altas en la banda de 5 GHz (proyecto 802.11a).

IV.8.1 Descripción técnica resumida

El grupo de trabajo del IEEE 802.11 está concentrando ahora sus esfuerzos en elaborar estándares para WLAN de alta velocidad. Hasta hace poco la velocidad de las WLAN ha sido limitada a un máximo de 2 Mbps. Se han formado dos grupos de tareas, TGa y TGb, para trabajar sobre futuros estándares.

El TGa está desarrollando una capa física de alta velocidad en la banda ISM de 5 GHz que pueda ser utilizada con la especificación de la capa MAC 802.11 existente y adecuada para el transporte de voz e imágenes (IEEE P802.11a/D5.0). La banda ISM de 5 GHz permitirá velocidades de 20-25 Mbps, utilizando la modulación OFDM en lugar de DSSS o FHSS. OFDM utiliza 8 canales en la banda de 5.2 GHz cada uno de ellos soportando hasta 52 sub-portadoras. OFDM puede enviar datos a través de cada una de esas portadoras para aumentar la velocidad de transmisión global. 802.11a tiene la ventaja de soportar altas velocidades, corrección de error, control de la potencia transmitida, selección dinámica de la frecuencia, resistencia a la interferencia y coexistencia con otras redes de área local inalámbricas operando en 2.4 GHz, pero tiene la desventaja de ser cara. TGa ha aceptado una propuesta combinada de NTT y Lucent Technologies como base para su trabajo, y el borrador del estándar se está elaborando.

El TGb está desarrollando una extensión de la capa física de alta velocidad en la banda de 2.4 GHz (IEEE P802.11b/D5.0). El MAC 802.11 actual provee múltiples tasas de datos dentro del mismo área y permite la computación de tasas binarias superiores, incluso por estaciones que no las pueden soportar. Esto significa que, en teoría, las estaciones podrían soportar una tasa binaria superior y ser compatibles con productos existentes. Harris y Lucent Technologies han presentado una propuesta que ha sido aceptada y que permitirá una velocidad máxima de 11 Mbps. Este estándar está en el mercado bajo el nombre Wi-Fi.

Los proveedores principales de las LANs inalámbricas son Cisco/Airnet, Lucent/ORINOCO y Symbol. Otros proveedores secundarios son Proxim, 3Com, BreezeCom, Nokia, D-Link, Linksys, Zoom Telephonics, SMC Networks, Intel, Intermec, ShareWave, Enterasys, Samsung y Agere/Lucent.

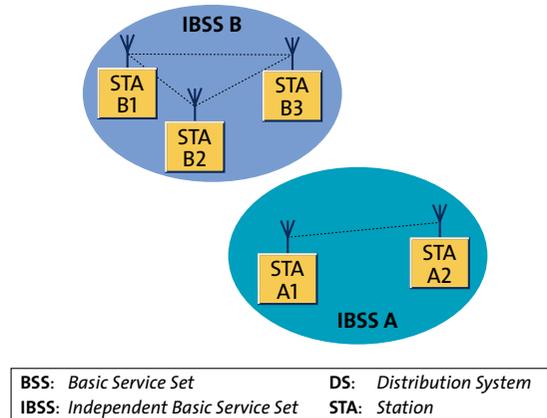
	IEEE 802.11 (DSSS)	IEEE 802.11 a	IEEE 802.11 b
Aplicación	Wireless Ethernet (LAN)	Wireless ATM	Wireless Ethernet (LAN)
Banda de frecuencias	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Tasa binaria	1 - 2 Mbps	20-25 Mbps	5.5 Mbps, 11 Mbps

Tabla IV.5:
Familia de Estándares IEEE 802.11.

IV.8.1.1 Arquitecturas de Red

El estándar IEEE 802.11 define el protocolo para dos tipos de estructura de red: redes *Ad-hoc* y redes cliente/servidor.

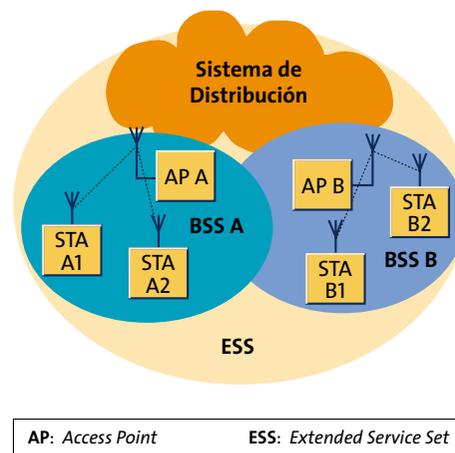
Figura IV.29:
Red Ad-hoc.



Una red *Ad-hoc* es una red donde las comunicaciones se establecen entre múltiples estaciones, en un área de cobertura dada, sin el uso de un punto de acceso o servidor. El estándar especifica la etiqueta que cada estación debe observar por lo que todas tienen acceso correcto al medio radio. Además proporciona los métodos de arbitrar las peticiones de uso del medio que hacen las estaciones para asegurar el máximo rendimiento.

La estructura cliente/servidor utiliza un punto de acceso que controla la asignación del tiempo de transmisión para todas las estaciones y permite a las estaciones móviles recorrer las diferentes celdas. El punto de acceso se utiliza para manejar el tráfico generado por las estaciones móviles hacia el nodo principal de la red cliente/servidor.

Figura IV.30:
Red Cliente/Servidor.



La estructura cliente/servidor utiliza un punto de acceso que controla la asignación del tiempo de transmisión para todas las estaciones y permite a las estaciones móviles recorrer las diferentes celdas. El punto de acceso se utiliza para manejar el tráfico generado por las estaciones móviles hacia el nodo principal de la red cliente/servidor. Por tanto este punto sirve para coordinar todas las estaciones en el área de servicio básica y asegura un manejo apropiado del tráfico. El punto de acceso encamina los datos entre las estaciones y otras estaciones wireless, o hacia y desde el servidor de red. Normalmente las WLAN's controladas por un punto de acceso central tienen un mayor rendimiento.

Capa Física

Hasta ahora el IEEE 802.11 especifica cinco capas físicas:

- FHSS: *Frequency Hopping Spread Spectrum*
- DSSS: *Direct Sequence Spread Spectrum*
- IR: *Infrared*

- ❑ HR/DSSS: *High Rate Direct Sequence Spread Spectrum*
- ❑ OFDM: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*

Las dos últimas se usan en WLANs de alta velocidad. IEEE 802.11a usa OFDM, IEEE 802.11b usa HR/DSSS.

Los fabricantes normalmente implementan soluciones basadas en DSSS o FHSS. Estas arquitecturas están definidas para operar en la banda de 2.4 GHz, ocupando los 83 MHz de anchura de banda, de 2.4 a 2.483 GHz. Para DSSS la modulación que se emplea es BPSK diferencial (DBPSK) y DQPSK, mientras que para FHSS la modulación empleada es FSK Gaussiana 2 – 4 niveles. El estándar especifica una velocidad de 1 Mbps para sistemas FHSS. Para sistemas DSSS se especifican 2 Mbps, con 1 Mbps para ambientes muy ruidosos. Más adelante se describirán con más detalle estas dos soluciones.

Las modulaciones BPSK y QPSK son suficientes en sistemas de 1 y 2 Mbps, pero no pueden alcanzar las demandas de esquemas de transmisión de velocidades muy superiores. Para conseguir velocidades más altas deben implementarse diferentes técnicas de modulación. Las posibles técnicas de modulación consideradas por el comité del IEEE 802.11 son:

- ❑ MOK: *M-ary Orthogonal Keying*
- ❑ CCK: *Complementary Code Keying*
- ❑ CCSK: *Complementary Code Shift Keying*
- ❑ PPM: *Pulse Position Modulation*
- ❑ DAM: *Quadrature amplitude Modulation*
- ❑ OCDM: *Orthogonal Code Division Multiplexing*
- ❑ OFDM: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*

El IEEE 802.11b selecciona la modulación CCK a propuesta de Lucent Technologies y Harris Semiconductor para una velocidad binaria alta en la banda de 2.4 GHz. La CCK soporta tasas binarias de 5.5 y 11 Mbps y es compatible con el esquema de 1 – 2 Mbps. Uno de los principales beneficios de la CCK es su resistencia a la interferencia multicamino. Esto permite a los dispositivos que se basan en este tipo de modulación ser menos susceptibles a la interferencia multicamino, lo que permite a estos dispositivos WLAN proporcionar un mejor rendimiento del sistema.

Para la banda de 5 GHz, el comité del IEEE 802.11 ha ratificado una especificación sugerida por un grupo de tareas 802.11a. La nueva especificación se basa en el esquema de modulación OFDM. El sistema de RF opera en las bandas 5.15 – 5.25, 5.25 – 5.35 y 5.725 – 5.825 GHz. El sistema OFDM permite una velocidad binaria de 6 – 54 Mbps.

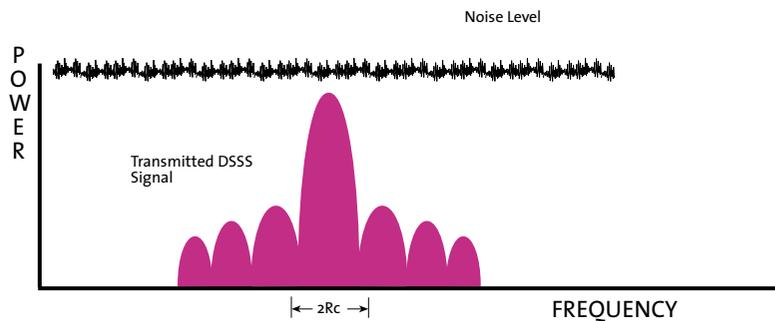
Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Ésta es probablemente la forma más ampliamente reconocida de espectro ensanchado. El proceso del DSSS se realiza al multiplicar una portadora de RF y una señal digital de pseudo-ruido (PN). Primero el código PN se modula en la señal de información utilizando una de las varias técnicas de modulación (por ejemplo BPSK, QPSK, etc). Entonces, se utiliza un mezclador doblemente balanceado para multi-

plicar la portadora de RF y la señal de información modulada. Este proceso hace que la señal de RF sea reemplazada por una señal de banda muy ancha, con un espectro equivalente a una señal ruidosa. El proceso de demodulación (para el caso BPSK) es entonces simplemente el mezclado/multiplicación de la misma portadora modulada PN con la señal de RF que llega. La salida es una señal que es máxima cuando las dos señales son exactamente iguales o están correladas. La señal correlada es entonces filtrada y enviada a un demodulador BPSK.

Las señales generadas con esta técnica aparecen como ruido en el dominio de la frecuencia. El gran ancho de banda provisto por el código PN permite que la potencia de la señal quede por debajo del umbral de ruido sin pérdida de información. El contenido espectral de una señal de espectro ensanchado se muestra en la **Figura IV.31** (espectro de una señal BPSK de la forma $\text{sen}x/x$).

Figura IV.31:
Espectro de una señal BPSK
DSSS.



El ancho de banda en sistemas DSSS se toma a menudo como el ancho de banda de nulo a nulo del lóbulo principal del dibujo de la densidad espectral de potencia (indicado como $2Rc$ en la figura anterior). El ancho de banda a la mitad de la potencia de este lóbulo es $1.2 Rc$, donde Rc es la tasa de chip. Además, el ancho de banda de un sistema DSSS es una función directa de la tasa de chip; específicamente $2Rc/RINFO$. Debe tenerse en cuenta que la potencia contenida en el lóbulo principal comprende el noventa por ciento de la potencia total. Esto permite un ancho de banda de RF más estrecho para acomodar la señal recibida con el efecto de redondear los pulsos recibidos en el dominio del tiempo.

La ganancia de procesamiento del sistema se define como diez veces el logaritmo de la razón de la tasa de ensanchado (también conocida como la tasa de chip) y los datos. Esta técnica tiene, además, la ventaja de que se reducen las fuentes de interferencia de banda estrecha. Esta secuencia proporciona 10.4 dB de ganancia de procesamiento. La arquitectura de ensanchado utilizada en la capa física de la secuencia directa no debe confundirse con CDMA. Todos los productos que cumplen con la norma 802.11 usan el mismo código PN y además no tienen un juego de códigos disponible como se requiere para la operación en CDMA.

Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

La técnica FHSS cuenta con la diversidad en frecuencia para combatir la interferencia. Básicamente, el flujo digital que entra es desplazado en frecuencia una cantidad determinada por un código que ensancha la potencia de la señal sobre una banda ancha. En comparación con la FSK binaria, que tiene sólo dos posibles frecuencias, FHSS puede tener $2 \cdot 10^{20}$ o más.

El transmisor de FHSS es un código de pseudo-ruido PN controlado por un sintetizador de frecuencia. La frecuencia instantánea de salida del transmisor salta de un valor a otro basado en la entrada pseudo-aleatoria del generador de código. Variar la frecuencia instantánea genera un espectro de salida

que está efectivamente ensanchado sobre el rango de frecuencias generado.

En este sistema el número de frecuencias discretas determina el ancho de banda del sistema. Entonces la ganancia de procesamiento depende directamente del número de opciones de frecuencias disponibles para una tasa de información dada.

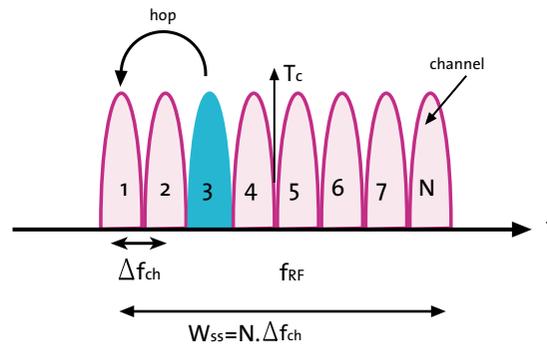


Figura IV.32:
Espectro de una señal FHSS.

Otro factor importante en los sistemas FHSS es la tasa a la que se producen los saltos. El tiempo mínimo requerido para cambiar frecuencias es dependiente de la tasa de bit de la información, la cantidad de redundancia utilizada y la distancia a la fuente de interferencia más cercana. [IV.5-32](#)

El estándar IEEE 802.11 establece que la capa física de la FHSS tiene 22 modelos de salto para elegir. El salto de frecuencia de la capa física se requiere para saltar a lo largo de la banda ISM de 2.4 GHz cubriendo 79 canales. Cada canal ocupa 1 MHz de ancho de banda y debe saltar a la tasa mínima especificada por los cuerpos reguladores del país en cuestión. Por ejemplo, en los Estados Unidos se especifica una tasa mínima de 2.5 saltos por segundo.

Capa MAC

La especificación de la capa MAC tiene similitudes con el estándar de Ethernet 802.3. El protocolo para el estándar 802.11 utiliza un esquema denominado CSMA/CA. Este protocolo evita colisiones en lugar de detectarlas como lo hace el algoritmo utilizado en la 802.3 (CSMA/CD). En una red de transmisión de RF resulta difícil detectar colisiones, y es por esta razón por lo que se usa la técnica de evitar las mismas.

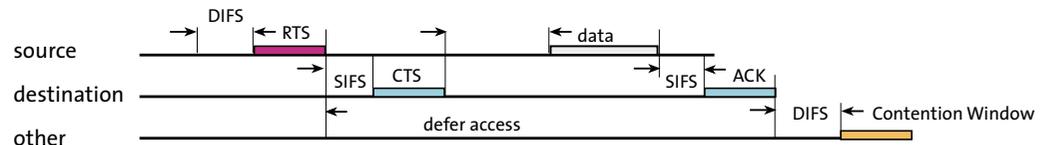
CSMA/CA funciona con un esquema de “escuchar antes de hablar”. Esto significa que una estación que desea transmitir primero debe testear el canal de radio para determinar si otra estación está transmitiendo. Si el medio no está ocupado, la transmisión puede tener éxito. El esquema de CSMA/CA implementa un intervalo mínimo de tiempo entre tramas de un usuario determinado. Una vez que una estación transmisora ha enviado una trama, esa estación debe esperar hasta que el intervalo de tiempo esté activo para transmitir de nuevo. Una vez que el tiempo ha pasado, la estación selecciona una cantidad aleatoria de tiempo (llamado intervalo de *backoff*) para esperar antes de “escuchar” de nuevo para verificar un canal libre en el que transmitir. Si el canal sigue todavía ocupado, se selecciona otro intervalo de *backoff*, el cual es menor que el primero. Este proceso se repite hasta que el tiempo de espera se acerca a cero y se permite transmitir a la estación. Este tipo de acceso múltiple asegura que el canal se pueda compartir de una manera juiciosa mientras se evitan colisiones.

La capa MAC opera junto con la capa física muestreando la energía sobre el medio de transmisión. La capa física utiliza un algoritmo denominado contribución de canal libre (CCA *Clear Channel Assessment*) para determinar si el canal se encuentra libre. Esto se consigue al medir la energía de RF en la antena y determinando la fuerza de la señal recibida. Esta señal medida es conocida comúnmente como RSSI. Si la potencia de la señal recibida está por debajo de un umbral especificado, el canal se considera libre y la capa MAC proporciona el estado de canal libre para la transmisión de datos. Si la energía de RF está por encima del umbral, la transmisión de datos se suspende de acuerdo con las

reglas del protocolo.

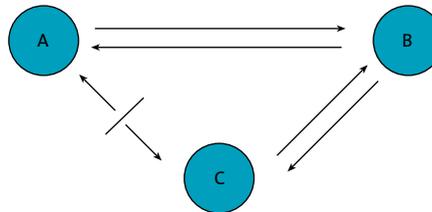
El protocolo CSMA/CA permite opciones para minimizar las colisiones utilizando las tramas de transmisión *request-to-send* (RTS), *clear-to-send* (CTS), datos y *acknowledge* (ACK), en un modo secuencial. Las comunicaciones se establecen cuando uno de los nodos wireless envía una trama RTS. Esta trama incluye el destino y la longitud del mensaje. La duración del mensaje se conoce como vector de asignación de red (NAV). El NAV alerta a todos los demás que no utilicen el medio durante la duración de la transmisión. La estación receptora emite una trama CTS que repite la dirección de los emisores y el NAV. Si la trama CTS no se recibe, se asume que ha ocurrido una colisión y el proceso de RTS comienza otra vez de nuevo. Después de que la trama de datos es recibida se devuelve una trama ACK verificando que la transmisión ha tenido éxito.

Figura IV.33:
Esquema de comunicación entre un cliente y un punto de acceso.



Una limitación común que ocurre en los sistemas de wireless LAN es el problema del “nodo oculto”. Esto puede romper del orden del cuarenta por ciento o más de las comunicaciones en un ambiente de redes de área local altamente cargadas. Esto ocurre cuando hay una estación que no puede detectar que el medio se encuentra ocupado.

Figura IV.34:
Problema del nodo oculto.



En la figura anterior, las estaciones A y B pueden comunicarse. Sin embargo, una obstrucción impide a la estación C recibir de la estación A y no puede determinar cuando el canal está ocupado. Además, ambas estaciones, A y C, podrían intentar transmitir al mismo tiempo a la estación B. El uso de las

secuencias RTS, CTS, datos y ACK ayuda a evitar las interrupciones ocasionadas por este problema.

La gestión de la potencia está soportada en el nivel MAC para aquellas aplicaciones en las que se requiere movilidad bajo el funcionamiento de baterías. Las previsiones que están hechas en el protocolo para estaciones portátiles hacen ponerse a las mismas en un estado de bajo consumo (*sleep mode*) durante un intervalo de tiempo definido por la estación base.

Las previsiones de seguridad se dirigen en el estándar como una característica opcional para los temas relacionados con el espionaje. La seguridad en los datos se consigue mediante una compleja técnica de encriptado conocida como algoritmo de privacidad equivalente cableado (WEP *Wired Equivalent Privacy*). El WEP se basa en la protección de los datos transmitidos en el medio de RF usando el algoritmo de encriptado RC4. El WEP, cuando se activa, sólo protege la información de los paquetes de datos y no protege la cabecera de la capa física, por lo que el resto de las estaciones en la red pueden escuchar los datos de control que se necesitan para gestionar la red. Sin embargo, estas estaciones no podrán desencriptar las porciones de datos del paquete.

IV.8.2 Otras Versiones de IEEE 802.11

IV.8.2.1 IEEE 802.11e

El IEEE 802.11e es una versión de alta velocidad del estándar IEEE 802.11b, por lo tanto está pensada para redes de área local inalámbricas. Funciona a 54 Mbps.

La especificación IEEE 802.11e ofrece un estándar inalámbrico, que permite interoperar entre entornos públicos, de negocios y usuarios residenciales, con la capacidad añadida de resolver las necesidades de cada sector.

El propósito del “grupo de trabajo e” es mejorar la capa MAC del 802.11 para aumentar el soporte a aquellas aplicaciones con requerimientos de calidad de servicio y proporcionar mejoras en seguridad aumentando así la capacidad y eficiencia del protocolo. Estas mejoras, junto con las mejoras recientes en la capa PHY de 802.11a y 802.11b, aumentarán las prestaciones del sistema global.

A diferencia de otras iniciativas de conectividad sin hilos, ésta puede considerarse como uno de los primeros estándares inalámbricos que permite trabajar tanto en entornos domésticos como empresariales. Esta especificación añade, respecto a los estándares 802.11b y 802.11a las características QoS y de soporte multimedia a la vez que mantiene la compatibilidad con ellos.

La QoS y las aplicaciones multimedia son críticas para aquellas redes domóticas donde la voz, el vídeo y el audio pertenecen al hábito comunicativo. QoS es un elemento esencial para aquellos operadores dirigidos al mercado residencial. Los proveedores de servicio de banda ancha son capaces de dar estos servicios incluidos el vídeo y audio bajo demanda, VoIP y acceso a Internet de alta velocidad.

El documento que establece las directrices del QoS, aprobado en noviembre de 2000, muestra cómo será la especificación que aparecerá a finales de 2001.

Los criterios QoS proponen gestionar el tráfico para las aplicaciones que utilicen recursos multimedia. Este documento incluye la corrección de errores (FEC) que permite obtener mejoras en la robustez de la red y en la retransmisión selectiva de contenidos. Por otro lado, cubre las interfaces de adaptación de audio y vídeo con la finalidad de mejorar el control e integración en capas de aquellos mecanismos que se encarguen de gestionar redes de menor rango.

La robustez del canal en los sistemas inalámbricos es esencial para evitar el ruido, las interferencias y los efectos multidireccionales que disminuyen el rendimiento de procesamiento en las bandas de 2.4 GHz y 5.x GHz, de tal forma que se mejora la capacidad de transmitir información y se reduce el tiempo de espera aumentando el ancho de banda para transmitir voz y vídeo.

Los esquemas propuestos en el documento incluyen FEC y la retransmisión selectiva. Estos mecanismos incluyen la capacidad de establecer políticas de corrección y acuse de recibo, de tal modo que los rangos del tráfico se puedan ajustar con las políticas diseñadas para cada tipo de transmisión.

El sistema de gestión centralizado integrado en QoS evita la colisión y cuellos de botella, mejorando la capacidad de entrega en tiempo crítico de las cargas. Estas directrices aún no han sido aprobadas.

Se puede concluir que el propósito del Grupo E es mejorar la capa MAC del estándar 802.11 para aumentar el soporte a aplicaciones con requerimientos de QoS.

IV.8.2.2 IEEE 802.11g

La junta de estándares del IEEE ha aprobado un nuevo proyecto dentro del entorno IEEE 802.11 para mejorar la tasa de datos de las redes Wireless LANs que operan en la banda ISM de 2.4 GHz, es decir, es una actualización de 802.11b.

Se espera que la tasa de transmisión se incremente desde los 11 Mbps actuales hasta más allá de 20 Mbps.

El proyecto está dirigido por el IEEE 802.11, el cual ha formado un nuevo grupo de tareas, el *Task Group TGg*, para el desarrollo del nuevo PAR P802.11g (*Project Authorization Request*).

La misión de este nuevo grupo de tareas es revisar las proposiciones y recomendar una sola al grupo de trabajo IEEE 802.11 WG para ampliar el estándar IEEE 802.11b, sobretodo en el aspecto de alcanzar una tasa de datos mayor de 20 Mbps.

Este grupo de trabajo coopera con el *Office of Engineering Technology* (OET) de la *U.S. Federal Communications Commission* (FCC) para identificar cambios en las normas para esta banda que hagan incrementar su utilidad.

Se espera un anteproyecto de la especificación para Julio de 2001. Algunos productos a esta velocidad aparecerán en la segunda mitad de 2002.

Esta versión de la especificación opera en la banda de 2.4 GHz y transmitirá datos a tasas superiores a los 20 Mbps de tal manera que sea completamente compatible con los productos IEEE 802.11b existentes.

Como el resto de especificaciones de la rama 802.11, en la especificación 802.11g se describen la subcapa MAC y las diferentes posibilidades de capa PHY.

En la última reunión de los miembros del grupo se propusieron dos modulaciones, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) (propuesta emitida por Intersil) y una tecnología desarrollada por Texas Instruments (TI) denominada *Packet Binary Convolution Coding* (PBCC). Son dos propuestas totalmente diferentes.

IV.8.2.3 Comparación entre las diferentes Versiones de IEEE 802.11

La **Tabla IV.6** describe cuáles son las características y diferencias de las diferentes versiones de IEEE 802.11.

Estándar	Descripción	Características	Disponible	Tasa de datos máxima	Proveedores
802.11	Red de datos	Optimizado para datos	Sí	2 Mbps	
802.11b	LANs de alta velocidad	Alta velocidad, gran capacidad	Sí	11 Mbps	Symbol, Cisco, Lucent, IBM, Intersil, Proxim
802.11a	LANs de alta velocidad	Alta velocidad, gran capacidad, coste superior	?	54 Mbps	Intersil, IBM, Sharewave, Cisco, Lucent
802.11g	Variante de alta velocidad 802.11b	Alta velocidad, gran capacidad, coste superior	En el año 2002	22 Mbps	Texas Instruments
802.11e	Variante de alta velocidad 802.11b	Alta velocidad, calidad de servicio, coste superior	En el año 2002	54 Mbps	Sharewave

Tabla IV.6:

Tabla de comparación de las diferentes versiones de IEEE 802.11.

IV.9 IrDA

La asociación de datos por infrarrojos (*Infrared Data Association*, IrDA) es una organización patrocinada por la industria y establecida en 1993 para crear estándares internacionales para equipos y programas usados en los enlaces de comunicación por infrarrojos. Actualmente, las especificaciones IrDA definen el protocolo de comunicaciones para muchas aplicaciones por infrarrojos.

En esta forma especial de transmisión de radio, un haz enfocado de luz en el espectro de frecuencia infrarrojo, medido en terahertzios o billones de hertzios (ciclos por segundo) se modula con información y se envía de un transmisor a un receptor a una distancia relativamente corta.

La comunicación de datos por infrarrojos está ahora jugando un importante papel en las comunicaciones de datos inalámbricas debido a la popularidad de ordenadores portátiles, PDAs, cámaras digitales, teléfonos móviles, buscaperonas y otros dispositivos. Entre los usos existentes o posibilidades razonables están:

- Enviar un documento de nuestro ordenador portátil a una impresora.
- Coordinar agendas y libretas telefónicas entre el ordenador de escritorio y el portátil.
- Enviar faxes desde nuestro ordenador portátil a una máquina de fax distante usando un teléfono público.
- Enviar imágenes desde una cámara digital al ordenador.

La especificación IrDA se divide en varias especificaciones que se listan a continuación:

- **IrDA SIR Data Specification.** *IrDA Serial Infrared Physical Layer Link Specification*, *IrDA Serial Infrared Link Access Protocol (IrLAP)* e *IrDA Serial Infrared Link Management Protocol (IrLMP)*, *IrDA Tiny TP*.
- **IrDA Control Specification.** *IrDA Command y Control IR Standard* (inicialmente IrBUS).
- **IrCOMM 1.0.** Protocolo de comunicaciones infrarrojas IrDA.

- **IrTinyTP 1.1.** Protocolo *IrDA Infrared Tiny Transport Protocol*.
- **IrLAN 1.0.** Extensiones de acceso a LAN infrarroja IrDA para el protocolo *Link Management*.
- **IrOBEX 1.2.** Protocolo de intercambio de objetos IrDA.
- **IrDA Lite.** *IrDA Minimal IrDA Protocol Implementation*.
- **IrDA Plug and Play.** Extensiones *Plug&Play* IrDA a IrLMP 1.0.
- **IrMC.** *IrDA Infrared Mobile Communications*.
- **IrTran-P.** *IrDA Infrared Transfer Picture Specifications*. IrTRAN-P proporciona el protocolo de intercambio de imágenes utilizado en cámaras y dispositivos de captura de imagen digital. Por ejemplo, por medio de IrTranP se puede pasar de una imagen de una cámara digital a un ordenador con Windows 2000. El ordenador aceptará la imagen sin necesidad de tocar ninguna tecla. Además, creará una carpeta con la fecha actual, pondrá la imagen en esa carpeta y abrirá un visor de imágenes. Todas estas características vendrán incluidas en Windows 2000 con lo que el usuario no tendrá que comprar o instalar nada nuevo.
- **IrDA Dongle Interface.** Especificaciones *IrDA Dongle Interface*.
- **IrWW.** Especificación IrDA para relojes de muñeca.
- **Serial Interface for Transceivers.** Interfaz serie recomendado para el control del transmisor/receptor.
- **Point and Shoot.** *IrDA Point and Shoot Application Profile*.

En julio de 2000 se formó el foro de implementadores de IrDA en Taiwan. Taiwan fabrica el 55% de los PCs portátiles de todo el mundo, el 65% de los PDAs, el 45% de los teléfonos móviles y muchos productos deberán cumplir los estándares IrDA. De ahí la importancia que ha tenido la creación de este foro.

Actualmente existen en el mercado 150 millones de puertos IrDA.

Están surgiendo nuevas aplicaciones que utilizan la comunicación por infrarrojos. El IrFM (*Financial Messaging*) SIG (*Special Interest Group*) demostró en el año 2000 un primer logro en una nueva aplicación de pago digital. El grupo demostró la transferencia digital de información financiera utilizando un sistema por infrarrojos para completar una transacción autorizada.

IV.9.1 Descripción técnica resumida

La comunicación infrarroja involucra un transceptor (una combinación de transmisor y receptor) en los dos dispositivos que se comunican. Hay microchips especiales que proporcionan esta capacidad. Además, uno o ambos dispositivos pueden requerir software especial para que la comunicación pueda sincronizarse. Un ejemplo es el soporte especial para IR en el sistema operativo Windows 95 de Microsoft. En el estándar IrDA-1.1, el máximo tamaño de datos que se pueden transmitir es de 2048 bytes y la tasa máxima de transmisión es de 4 Mbps.

La IR también puede usarse para interconexiones más largas y es una posibilidad para las interconexiones en redes de área local (LAN). La distancia efectiva máxima es algo menor de ocho kilómetros y el máximo ancho de banda proyectado es de 16 Mbps. Dado que la IR es transmisión en línea visual (ambos dispositivos deben poder "verse" entre sí), es sensible a la niebla y otras condiciones atmosféricas.

Actualmente encontramos esta tecnología montada en la práctica mayoría de los ordenadores portátiles, móviles, cámaras digitales, *handhelds* y otros cientos de dispositivos. Y para cubrir todas las necesidades del mercado, encontramos dos aplicaciones distintas: *IrDA – Data* e *IrDA – Control*.

La primera de ellas, *IrDA – Data*, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9.600 bps y los 4 Mbps. Esta oscilación depende del tipo de transmisión (síncrona o asíncrona), la calidad del controlador que maneja los puertos infrarrojos, el tipo de dispositivo y, por supuesto, la distancia que separa ambos extremos. Precisamente, éste es uno de los puntos más problemáticos, ya que, aunque la distancia entre emisor y receptor puede alcanzar los 2 metros, no se recomienda superar 1 metro. Por no hablar de los puertos de bajo consumo instalados en móviles y pequeños PDAs, cuyo rango de acción se reduce a no más de 30 cm. En cualquier caso, hemos de situar los artículos en un ángulo máximo de 30 grados y contar con un espacio libre de obstáculos entre ellos.

Para que la transmisión de los productos *IrDA – Data* sea posible, se cuenta con tres protocolos básicos: PHY (*Physical Signaling Layer*) establece la distancia máxima, la velocidad de transmisión y el modo en el que la información se transmite; IrLAP (*Link Access Protocol*) proporciona la conexión del dispositivo facilitando la comunicación y marcando los procedimientos para la búsqueda e identificación de otros aparatos que se encuentren preparados para comunicarse; por último, IrLMP (*Link Management Protocol*) permite la multiplexación de la capa IrLAP, admitiendo múltiples canales sobre una conexión IrLAP. Junto a estos tres protocolos, existen otros siete que ofrecen funcionalidades extra para acceder a redes de área local, teléfonos móviles o cámaras digitales.

El otro tipo de puerto infrarrojo, el *IrDA – Control* se ha ideado para conectar periféricos de control como teclados, ratones, dispositivos apuntadores o joysticks a una estación fija, dígame un PC, una consola de videojuegos o un televisor. Sin embargo, las diferencias son notables, ya que la distancia máxima se amplía hasta garantizar un mínimo de 5 metros. La velocidad de transmisión, algo que no es crítico para el tipo de productos al que se dirige, alcanza 75 Kbps. Y como ocurría en el caso anterior, para que esto sea posible, cuenta con tres protocolos que establecen la comunicación. PHY (*Physical Signaling Layer*) vuelve a marcar la velocidad y distancia de transmisión, mientras que MAC (*Media Access Control*) es el responsable de proporcionar soporte hasta ocho dispositivos simultáneos conectados al mismo receptor. Finalmente tenemos LLC (*Logical Link Control*), que realiza ciertas funciones de seguridad y retransmisiones en caso de que el envío de información haya fracasado.

Una característica importante de esta técnica de comunicación es su seguridad: Como el infrarrojo, es parte del espectro de luz, no atraviesa paredes. Y como la mayor parte de los dispositivos que incorporan IrDA, tienen un radio de funcionamiento corto, esto significa que cualquier dato que sea intercambiado vía IR, ya sea a una red, a otro ordenador o a una impresora, es seguro. IR, es más seguro que las señales de radio, que pueden ser interceptadas por otros dispositivos de radio.

IV.9.2 Protocolos IrDA

Las capas en la pila de protocolos IrDA se pueden dividir en dos grupos:

- Protocolos necesarios
- Protocolos opcionales

Las capas necesarias son las siguientes:

- Capa física: especifica características ópticas, codificación de datos, etc.
- IrLAP (*Link Access Protocol*): Establece la conexión.
- IrLMP (*Link Management Protocol*): Multiplexa servicios y aplicaciones en la conexión LAP.
- IAS (*Information Access Service*): Proporciona un servicio de “páginas amarillas” en un determinado dispositivo.

Los protocolos opcionales son:

- TinyTP (*Tiny Transport Protocol*): Añade un control de flujo por canal y es necesario para la mayoría de las aplicaciones.
- IrOBEX (*Object Exchange Protocol*): Permite que la transferencia de objetos y ficheros se haga de forma sencilla.
- IrCOMM: Este protocolo ofrece la emulación de puerto serie-paralelo, permitiendo que las aplicaciones existentes puedan utilizar IR.
- IrLAN: Este es el protocolo de acceso a la red de área local.

Figura IV.35:
Pila de Protocolos IrDA.

IAS	IrLAN	OBEX	IrCOMM
	Tiny TP		
IrLMP			
IrLAP			
Physical Layer			