

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**TOMO I**

**PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DE UNA RED  
COAXIAL DE TELEVISIÓN POR CABLE**

**AUTOR: GABRIEL CUADRADO FERNÁNDEZ.**

---

## Indice

<b>1.CONCEPTOS BÁSICOS</b> -----	<b>1</b>
<b>1.1Red de Televisión por Cable</b> -----	<b>1</b>
<b>1.2Definición de agentes</b> -----	<b>6</b>
1.2.1Difusor-----	7
1.2.2Operador del Servicio Portador de Larga Distancia-----	7
1.2.3Operadores de Cable-----	7
1.2.4Distribuidor-----	8
1.2.5Abonado-----	8
<b>1.3Tecnologías Aplicadas en Redes CATV</b> -----	<b>8</b>
1.3.1Cable Coaxial-----	9
1.3.1.1Componentes del Sistema-----	9
1.3.1.2Capacidad-----	10
1.3.1.3Banda de Retorno-----	11
1.3.2Fibra Óptica-----	12
1.3.2.1Transmisión de Señales de Televisión por Fibra Óptica-----	13
1.3.2.2Capacidad-----	15
<b>1.4Historia de las redes CATV</b> -----	<b>16</b>
<b>2.PARAMETROS DE UNA RED DE TELEVISION POR CABLE</b> -----	<b>18</b>
<b>2.1Arquitectura</b> -----	<b>18</b>
2.1.1Arquitectura en Estrella-----	19
<b>2.2Capacidad</b> -----	<b>21</b>
<b>2.3Calidad</b> -----	<b>22</b>
2.3.1Niveles de señal y ruido-----	23
2.3.2Distorsiones de la señal-----	23
<b>2.4Planificación de frecuencias</b> -----	<b>24</b>
2.4.1Planes de Frecuencia Especiales-----	28
<b>2.5Interactividad</b> -----	<b>30</b>

---

<b>2.6Seguridad de la Red</b> -----	<b>32</b>
2.6.1Seguridad Física-----	33
2.6.2Seguridad de la programación-----	33
<b>3.DISEÑO DEL SISTEMA</b> -----	<b>36</b>
<b>3.1Herramientas de Diseño</b> -----	<b>36</b>
<b>3.2Toma de Datos</b> -----	<b>36</b>
<b>3.3Diseño de la Red</b> -----	<b>39</b>
3.3.1Consideraciones Técnicas y Tecnológicas-----	39
3.3.1.1Red Troncal de Fibra Óptica-----	41
3.3.1.2Arquitectura-----	42
3.3.2Cálculos del Sistema-----	43
3.3.2.1Red de Distribución-----	44
3.3.2.2Red Troncal de Fibra Óptica-----	54
<b>3.4Especificaciones Técnicas</b> -----	<b>55</b>
3.4.1Especificaciones Generales-----	56
3.4.1.1Pendiente-----	56
3.4.1.2Cascada de Amplificadores-----	56
3.4.1.3Temperatura-----	56
3.4.1.4Impedancia Característica-----	56
3.4.1.5Fuentes de Alimentación-----	57
3.4.1.6Respuesta del Sistema-----	57
3.4.1.7Control Automático de Ganancia y Pendiente (AGC/ASC)-----	57
3.4.1.8Tramos de Fibra Óptica-----	57
3.4.1.9Protecciones en Sistemas de Fibra Óptica-----	58
3.4.2Especificaciones en Toma de Abonado-----	58
3.4.2.1Niveles de Señal-----	59
3.4.2.2Estabilidad del Nivel de Señal-----	59
3.4.2.3Diferencias de Niveles de Señal-----	60
3.4.2.4Estabilidad y Precisión de las Portadoras-----	60
3.4.2.5Relación Portadora / Ruido (C/N)-----	61
3.4.2.6Niveles de Distorsión-----	61
3.4.2.7Interferencia de Frecuencia Única-----	62
3.4.2.8Señales Espúreas-----	62
3.4.2.9Modulación HUM-----	63

---

3.4.2.10	Retardo de Grupo de Crominancia y Luminancia	63
3.4.2.11	Ganancia Diferencial	63
3.4.2.12	Fase Diferencial	63
3.4.2.13	Tasa de Eco	64
3.4.2.14	Respuesta en Frecuencia del Canal	64
3.4.2.15	Aislamiento entre Abonados	64
3.4.2.16	Radiación Electromagnética	65
3.4.2.17	Calidad de la Señal FM	65
3.4.3	Especificaciones para el Camino de Retorno	65
3.4.3.1	Respuesta del Sistema	65
3.4.3.2	Control Automático de Ganancia y Pendiente (AGC / ASC)	66
3.4.3.3	Relación Portadora de Vídeo / Ruido	66
3.4.3.4	Pérdidas de Retorno	66
3.4.3.5	Niveles de Distorsión	66
3.4.3.6	Señales Espúreas	67
3.4.3.7	Modulación HUM	67
3.4.3.8	Eco y Doble Imagen	67
3.4.3.9	Respuesta en Frecuencia del Canal	68
3.4.3.10	Requerimientos de Nivel de Entrada del Sistema	68
<b>3.5</b>	<b>Aspectos de Calidad</b>	<b>68</b>
3.5.1	Red de Troncal Secundaria	¡Error! Marcador no definido.
3.5.2	Red de Distribución Coaxial	¡Error! Marcador no definido.
3.5.3	Punto de Terminación de Red	¡Error! Marcador no definido.
<b>4</b>	<b>Infraestructura de red</b>	<b>71</b>
<b>4.1</b>	<b>Infraestructura Civil</b>	<b>71</b>
4.1.1	Instalaciones	75
4.1.2	Separación con Otros Servicios	77
<b>4.2</b>	<b>Infraestructura Eléctrica</b>	<b>78</b>
4.2.1	Descripción de la Alimentación Eléctrica	79
4.2.1.1	Red	79
4.2.2	Protección Integral Contra Rayos y Sobretensiones	82
4.2.2.1	Protección Contra Sobretensiones	82
4.2.3	Toma de Tierra	83
<b>4.3</b>	<b>Infraestructuras de Terceros y Derechos de Paso</b>	<b>83</b>

---

4.3.1	Previsión de Derechos de Paso	83
4.3.1.1	Ayuntamiento	83
4.3.1.2	Organismos Oficiales	84
4.3.1.3	Comunidades de Propietarios y Particulares	84
4.3.2	Infraestructura de Terceros	84
<b>5.</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>86</b>
<b>5.1</b>	<b>Diseño de RF</b>	<b>86</b>
5.1.1	Topología	87
5.1.2	Amplificadores	88
5.1.3	Elementos Pasivos	89
5.1.4	Cables	92
5.1.5	Fuentes de Alimentación	93
5.1.6	Representación Gráfica	94
<b>5.2</b>	<b>Obra Civil</b>	<b>94</b>
5.2.1	Canalización subterránea	95
5.2.2	Arquetas	96
5.2.3	Armarios	97
5.2.4	Acceso a Azotea	97
5.2.5	Acceso a Fachada	97
<b>6.</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>100</b>
<b>6.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>100</b>
6.1.1	Objeto	100
6.1.2	Datos de la obra	101
6.1.3	Justificación del estudio básico de seguridad y salud	101
<b>6.2</b>	<b>NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA</b>	<b>102</b>
<b>6.3</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>107</b>
6.3.1	Previos	107
6.3.2	Instalaciones provisionales	108
6.3.2.1	Instalación eléctrica provisional.	108
6.3.2.2	Instalación contra incendios.	111
6.3.2.3	Instalación de maquinaria.	114
6.3.3	Instalaciones de bienestar e higiene	114
6.3.3.1	Condiciones de ubicación.	115

---

6.3.3.2 Ordenanzas y dotaciones de reserva de superficie respecto al número de trabajadores.	
116	
6.3.4 Fases de la ejecución de la obra.-----	118
6.3.4.1 Movimientos de tierras.-----	118
6.3.4.2 Instalaciones eléctricas.-----	121
<b>6.4 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR-----</b>	<b>124</b>
<b>6.5 COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD -----</b>	<b>125</b>
<b>6.6 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO -----</b>	<b>126</b>
<b>6.7 OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS -----</b>	<b>127</b>
<b>6.8 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES-----</b>	<b>129</b>
<b>6.9 LIBRO DE INCIDENCIAS -----</b>	<b>130</b>
<b>6.10 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS-----</b>	<b>131</b>
<b>6.11 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES-----</b>	<b>132</b>
<b>6.12 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS.-----</b>	<b>132</b>

# 1. CONCEPTOS BÁSICOS

## 1.1 Red de Televisión por Cable

Una red de televisión por cable constituye un sistema de transmisión basado en medios portadores físicos (cable coaxial y/o fibra óptica), que permite la difusión de un conjunto elevado de señales de televisión y radio hasta los hogares desde una estación de transmisión comúnmente denominada **cabecera**, así como la transmisión bidireccional de voz y datos.

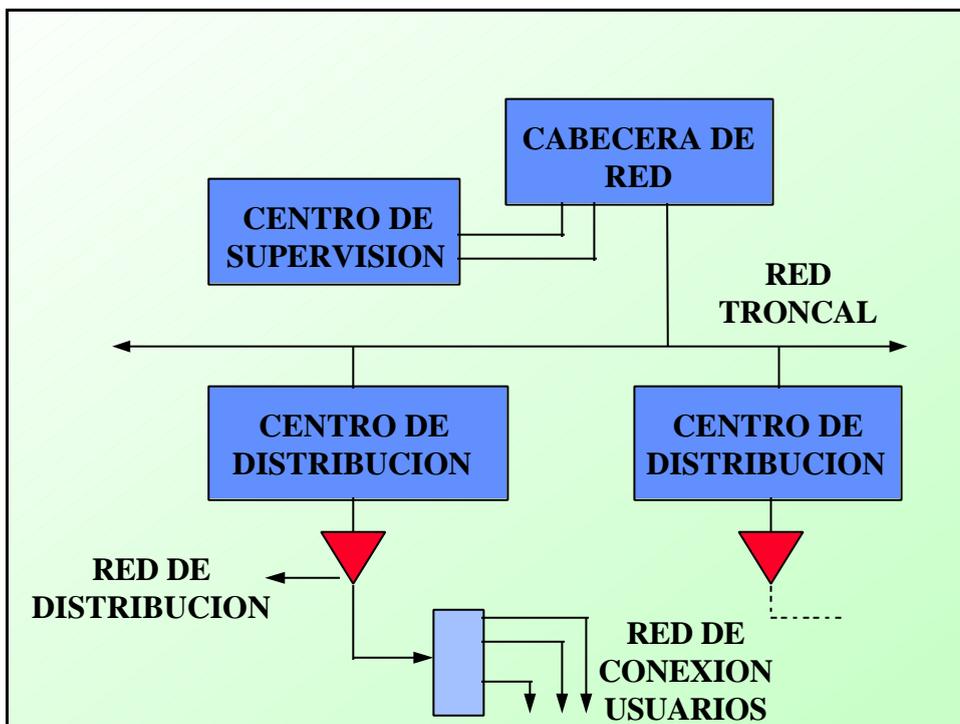
Este tipo de redes son conocidas con el nombre de **redes CATV**, acrónimo inglés que significa Community Antenna Tele-Vision o también Cable Television, que castellanizado vendría a equivaler a "Televisión de Antena Comunitaria" o "Televisión por cable".

Los medios portadores utilizados en este tipo de redes tienen capacidad o ancho de banda suficiente para permitir la transmisión no sólo de canales de televisión y radio, sino también señales de voz y datos de otros servicios de telecomunicación.

Los elementos básicos que componen una red de distribución de TV por cable son, como puede apreciarse en la *Figura 1-1*, los siguientes:

- **Estación de Cabecera:** Está constituida por el conjunto de sistemas y equipos responsables de la recepción, tratamiento y transmisión de las señales que van a ser distribuidas por la red, así como de la gestión, control y supervisión de la misma. Pueden citarse los siguientes:
  - *Sistema de Agrupación de Antenas:* Comprende el conjunto de antenas de recepción de señales de radio y televisión y los equipos de radiofrecuencia (RF) asociados. El conjunto de antenas puede estar ubicado físicamente en un lugar distinto del emplazamiento de la cabecera, si éste no fuera adecuado para la recepción de las señales requeridas.

- *Sistema de Procesamiento de Señal:* Es el conjunto de equipos responsables del tratamiento de las señales que van a transmitirse por la red de cable. El tratamiento se realiza en frecuencia intermedia (FI), banda base (BB) y radiofrecuencia (RF) y comprende procesos de filtrado, demodulación, modulación, multiplexación, encriptación de canales codificados, etc.
- *Sistema de Supervisión y Control de Red:* Es el responsable de la monitorización de todos los elementos del sistema, esto es, de la cabecera y de la red de distribución.



- *Sistema de Gestión de Red:* Es el encargado de todas las tareas relativas a la gestión de una red de estas características, entre las que se encuentran el control de altas/bajas de usuarios, la facturación, atención de las

solicitudes de los abonados (suscripción a un canal codificado o pago por programa visto previa petición), etc.

- **Red de Cable:** Tiene como misión permitir la distribución hasta los hogares de los programas emitidos en la cabecera. Está compuesta por los medios físicos portadores de señal, fibra óptica y/o cable coaxial, y por todos aquellos elementos activos (amplificadores, convertidores electro-ópticos) y pasivos (ecualizadores, acopladores, repartidores) necesarios para alcanzar la cobertura geográfica deseada con los niveles de calidad de señal requeridos en las tomas de usuario.

La red se estructura en tres niveles:

- *Red Troncal:* Es la línea principal de transporte de la red. Parte de la cabecera y a ella se conecta la red de distribución, nunca los usuarios de forma directa. En la actualidad, el soporte físico que se está empleando en redes avanzadas preparadas para la incorporación de nuevos servicios es la fibra óptica.
  - *Red de Distribución:* Este nivel conecta la red troncal con las redes de usuario. En la actualidad, generalmente se implanta empleando cable coaxial.
  - *Red de Usuario:* Este nivel permite la distribución de la señal hasta las tomas de usuario situadas en los hogares. Al igual que la red de distribución, en la actualidad se implanta mediante el empleo de cable coaxial, aunque de menor calidad.
- **Equipos de Usuario:** Los receptores domésticos de televisión con cierta antigüedad no pueden sintonizar alguno de los canales utilizados en la transmisión por cable, lo que obliga al empleo de conversores de frecuencia adicionales al receptor que se encargan de trasladar las frecuencias de esos canales a valores sintonizables por el mismo.

Por otra parte, en función de las características y prestaciones ofrecidas por la red, puede ser necesario que el abonado emplee un equipo que permita el pleno aprovechamiento de las mismas. Entre las funciones a realizar destacarían la descodificación de canales de pago o la transmisión de datos hacia la cabecera en redes interactivas.

En general, los programas emitidos por los distintos canales de la red son producidos en los **Centros de Producción de Programas**. Estos Centros disponen de los medios de producción y reproducción audiovisual oportunos: cámaras, mezcladores de vídeo y audio, magnetoscopios, micrófonos, etc. La programación generada en estos Centros puede tener ámbito de difusión local, regional, nacional o internacional y dispondrá de diferentes opciones técnicas para su distribución, ya sea mediante redes de emisores terrenales en alta y muy alta frecuencia (VHF y UHF), redes de cable o sistemas de difusión por satélite.

La recepción de alguno de estos programas en la estación de cabecera puede requerir enlaces con las **Redes de Transporte de Señales de Radio y Televisión de Larga Distancia**. Estas redes permiten el transporte, incluso a escala internacional, de dichas señales hasta los centros de difusión de redes terrenales, o hasta las Estaciones de Cabecera de las redes de distribución por cable.

En la *Figura 1-2* se muestra un dibujo de una Red de Cable.

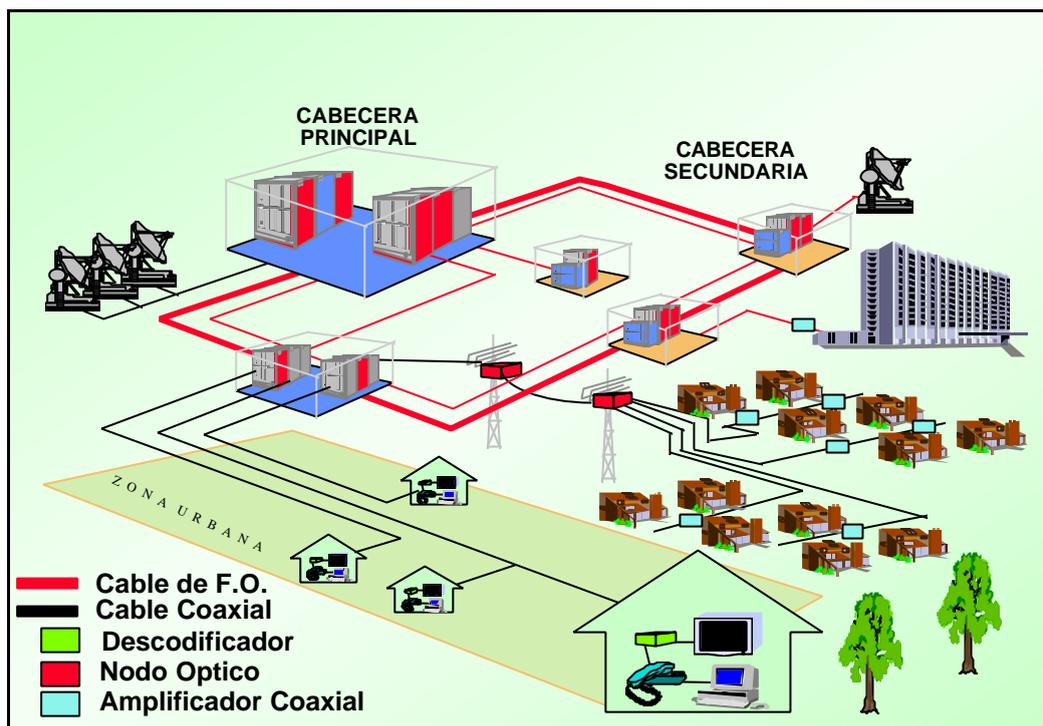
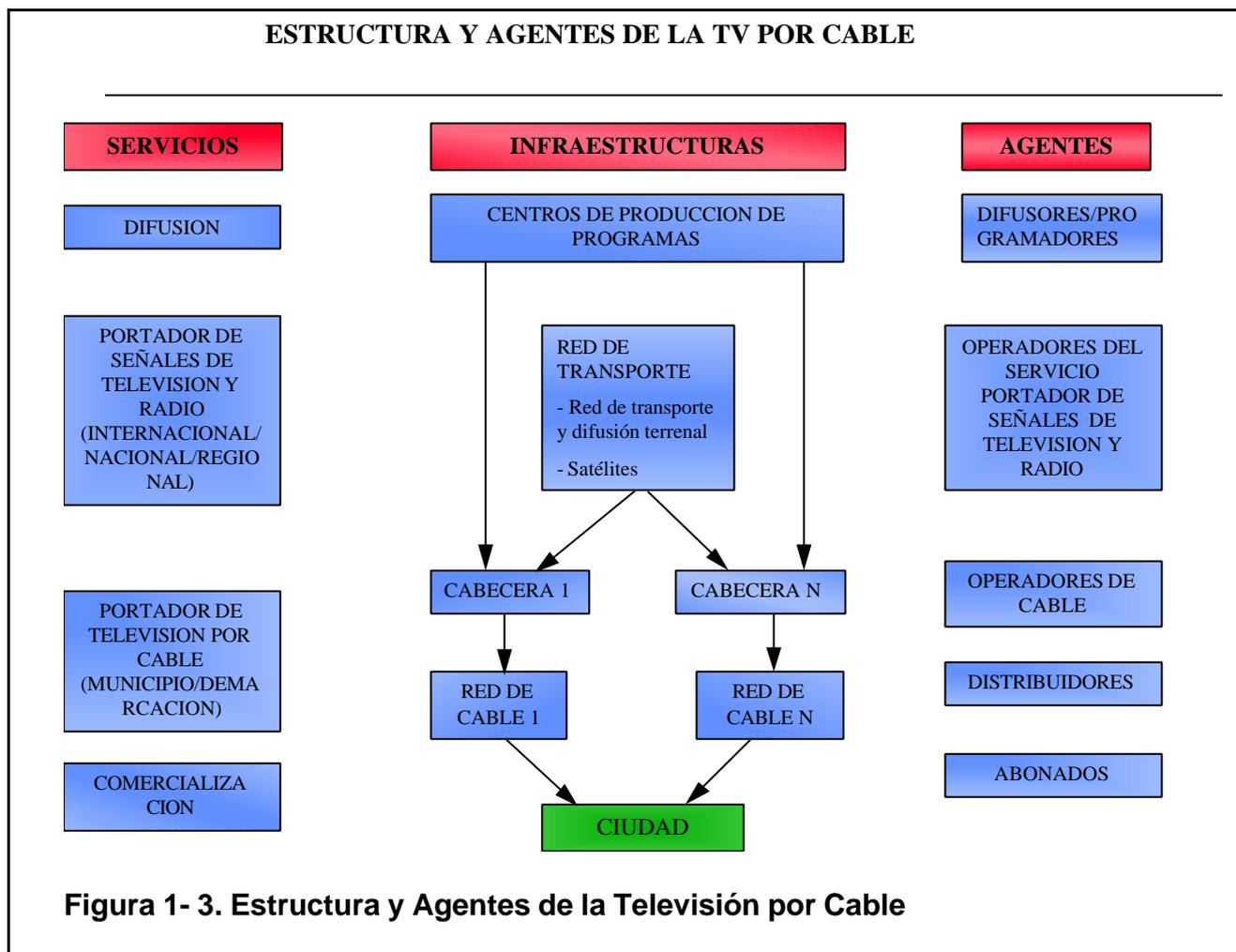


Figura 1- 2. Dibujo de una Red de Cable

## 1.2 Definición de agentes

En el sector de la Televisión por Cable están involucrados un importante conjunto de agentes. El servicio o actividad ejercida por cada uno de estos agentes puede implicar el empleo de unas determinadas infraestructuras de telecomunicación. A continuación se



definen estos agentes y se indican las infraestructuras empleadas en su actividad. En la *Figura 1-3* se ofrece un esquema en el que se relacionan agentes, servicios e infraestructuras.

### 1.2.1 Difusor

Los difusores o programadores son las entidades capaces de ofertar una programación de radio o televisión. La programación está compuesta por programas de producción propia, realizados con medios audiovisuales propios ubicados en sus Centros de Producción, y por programas de producción ajena adquiridos a otros difusores y que únicamente son reproducidos con los equipos oportunos.

### 1.2.2 Operador del Servicio Portador de Larga Distancia

Como ya se vio en el apartado anterior, puede ser necesario el empleo de las Redes de Transporte de Señales de Radio y Televisión para que una determinada programación llegue hasta la cabecera de una red CATV.

El titular y explotador de estas redes se denomina **Operador del Servicio Portador de Señales de Radio y Televisión**. Las redes utilizadas en la actualidad emplean medios de transmisión múltiples: fibra óptica, radioenlaces terrenales de microondas y sistemas por satélite.

### 1.2.3 Operadores de Cable

Son los titulares y explotadores de una red CATV. Generalmente desempeñan esta actividad en una zona geográfica determinada que se conoce como demarcación o franquicia. La demarcación coincide con un municipio, o bien agrupaciones o divisiones de éstos, según sea el tamaño de los mismos.

El Operador de Cable dispone de una estación de cabecera y una red de transporte y distribución, por la que ofrecerá a sus suscriptores un conjunto de canales de televisión. Entre estos canales pueden encontrarse:

- Canales distribuidos por sistemas terrenales convencionales de VHF y UHF.
- Canales distribuidos por satélite.
- Canales elaborados específicamente para su distribución por cable.

#### **1.2.4 Distribuidor**

El distribuidor es la entidad encargada de comercializar los servicios ofrecidos por una red de cable, para lo que puede emplear una red de establecimientos comerciales situados en la demarcación del Operador, o bien, un sistema centralizado tipo "telemarketing" de atención telefónica multicitente. En definitiva, es la figura intermediaria entre el Operador de Cable y el usuario final de la red, que puede no existir si el Operador asume esta función por sí mismo.

#### **1.2.5 Abonado**

Es el usuario final de la red, que disfruta de la programación ofrecida por el Operador a cambio del pago de las cuotas que éste establezca.

### **1.3 Tecnologías Aplicadas en Redes CATV**

Las tecnologías empleadas en redes CATV vienen determinadas por el soporte físico empleado como medio de transmisión de la red. Las distintas soluciones que pueden adoptarse exigen el empleo de técnicas de transmisión específicas cuyo objeto es permitir la mejor adaptación posible de las señales al medio empleado para su transmisión.

En la actualidad, cualquier solución tecnológica contempla la coordinación de las tecnologías:

- Cable Coaxial
- Fibra Óptica

En los apartados que siguen, se detallarán las características más relevantes de cada una de las alternativas o soluciones indicadas. A lo largo de la exposición se hará referencia a las distintas normas que se han propuesto para la transmisión de señales de televisión (PAL, NTSC, SECAM o D2MAC).

### **1.3.1 Cable Coaxial**

Un cable coaxial está formado por dos conductores concéntricos separados por una capa aislante. El conjunto se recubre con una capa de material protector. El conductor interior transporta la señal de radiofrecuencia y el exterior realiza la función de tierra eléctrica, de manera que la estructura presenta una gran inmunidad frente a señales electromagnéticas externas que pudieran provocar interferencias.

#### **1.3.1.1 Componentes del Sistema**

El envío de múltiples señales de televisión por un cable se consigue por medio de un proceso de multiplexación en frecuencia de los distintos canales que se van a transmitir. Este proceso se efectúa en la cabecera de la red. Consiste en formar una señal de banda ancha con canales unitarios de televisión cuyo ancho de banda es 7-8 MHz en el sistema PAL, mediante su colocación ordenada a lo largo de la banda de frecuencias de trabajo del sistema de transmisión.

La señal que emite la cabecera o señal de radiofrecuencia (RF), sufre una **atenuación** al propagarse por el cable que es directamente proporcional a la temperatura, a la frecuencia y a la distancia de propagación, e inversamente proporcional al diámetro del cable.

Para restaurar el nivel de la señal es necesario insertar cada cierta distancia un elemento activo o amplificador. La distancia media entre amplificadores en los sistemas coaxiales típicos se sitúa en torno a los 200 m. Los amplificadores suelen disponer de un ecualizador insertable que permite compensar los diferentes niveles de atenuación que afectan a la señal multicanal ya que, como se ha indicado, las mayores frecuencias son más atenuadas en la transmisión por el cable.

Los amplificadores necesitan energía para poder funcionar y recuperar los niveles de las señales que se transmiten. Esta energía se envía por el mismo cable coaxial desde fuentes de alimentación, que generalmente suministran corriente alterna cuasicuadrada a 60 V.

En los sistemas coaxiales también son necesarios elementos pasivos, encargados de atenuar, ecualizar o distribuir la señal de RF. Estos elementos son los atenuadores, ecualizadores, repartidores, acopladores, etc.

### **1.3.1.2 Capacidad**

En la actualidad los sistemas coaxiales en Europa trabajan hasta **862 Mhz**. Dicha banda se divide en una zona analógica (hasta los **550-606 Mhz**) y una zona digital (el

resto), lo que traducido a canales supone una cantidad en torno a los **70 canales analógicos y 253 canales digitales comprimidos de TV**, en función de la norma de transmisión empleada. Este límite de frecuencias de trabajo viene determinado más por la banda de trabajo de los elementos activos y pasivos que por el cable.

En todo sistema de comunicaciones además de la señal que se desea transmitir, están presentes otras no deseadas o **ruidos**, que son generadas por los conductores (ruido térmico) y los elementos activos del sistema (figura de ruido) debido al comportamiento físico de los mismos al paso de la corriente eléctrica.

La amplificación simultánea de un conjunto de señales genera otro tipo de perturbaciones específicas denominados **alinealidades** o **productos de intermodulación**, que es necesario mantener en niveles suficientemente inferiores a los de los canales transmitidos.

Como ya se verá con más detalle, los criterios de diseño de la red deberán garantizar la adecuada relación entre los valores de señal deseada y el ruido y los productos de intermodulación más perjudiciales. En la práctica, esto se traduce en la **existencia de un límite máximo en el número de elementos activos** que pueden colocarse en cascada en la línea de transmisión.

### 1.3.1.3 Banda de Retorno

Los sistemas coaxiales permiten dedicar una parte de la banda de frecuencias de trabajo para la transmisión de señales en sentido usuario-cabecera. La anchura de esta banda, denominada **banda de retorno**, puede ser variable. Los sistemas más frecuentes emplean bandas de retorno situadas entre los 5-33 MHz, 5-50 MHz ó 5-65 MHz. Esta banda permite la prestación de servicios interactivos en los que el telespectador, con el equipo terminal adecuado, puede transmitir datos (solicitudes de programas o de información) a través del propio sistema de cable. También puede

emplearse esta banda para la prestación de servicios de valor añadido como el telecontrol o la telemedida y la transmisión de voz y datos.

En caso de empleo de la banda de retorno, será necesario disponer a lo largo de la red de los correspondientes módulos amplificadores para la misma, que pueden insertarse en el mismo cofre en el que se alojan los equipos de la banda directa.

### 1.3.2 Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de propagación en el que no se transmiten señales eléctricas, sino **señales luminosas** entre transmisores y receptores ópticos. La fibra está compuesta de dos capas de material plástico o silicio (cristal) capaces de guiar una señal luminosa basado en el fenómeno de la reflexión total.

La introducción de la fibra óptica en las redes CATV constituye uno de los más significativos avances ocurridos en los últimos años en dichos sistemas. Las razones que han motivado el empleo de la fibra pueden resumirse en:

- La **mejora de la calidad** de las señales de televisión distribuidas debido a la menor degradación de las mismas al transmitirse por la fibra.
- Un importante **incremento de la fiabilidad** del sistema de distribución, donde se reduce drásticamente la necesidad de disponer de amplificadores de señal, debido fundamentalmente a la atenuación (dB/Km) de la fibra.
- La posibilidad de implantar sobre dicha infraestructura **nuevos servicios** de telecomunicación, adicionales a la distribución de televisión, debido al **mayor ancho de banda** o capacidad de transmisión de la misma.

La fibra óptica se implantó inicialmente en las redes troncales. Debido a que los equipos y las tecnologías han venido madurando, y aún continúan, en prestaciones y coste, no es nada aventurado afirmar que la llegada de la fibra hasta el hogar del abonado está cada vez más próxima.

### 1.3.2.1 Transmisión de Señales de Televisión por Fibra Óptica

En una red de fibra óptica, la señal de televisión multiplexada de banda ancha en radiofrecuencia, constituida de igual forma que en los sistemas coaxiales, debe ser convertida en señal luminosa a efectos de su transmisión por la fibra.

Esta transformación se realiza en el transmisor óptico, donde la señal de radiofrecuencia modula una señal luminosa generada por un diodo láser. En el receptor óptico se realiza la operación inversa, esto es, la conversión óptico eléctrica con un fotopin.

La luz modulada viaja a través de la fibra y puede ser dividida en cualquier punto mediante el empleo de divisores ópticos, lo que siempre introducirá ciertas pérdidas en la señal.

El tipo de **fibra** empleado es **monomodo**. En la actualidad, las bandas de trabajo son la de 1310 nm y la de 1550 nm que se conocen como segunda y tercera ventana de transmisión, respectivamente. En la tercera ventana (1550 nm) la atenuación de la fibra es más baja, pero a esta longitud de onda existen problemas de dispersión en la transmisión debidos a las diferentes características de propagación de los distintos componentes de la señal. Estos fenómenos pueden ocasionar serios deterioros en la calidad de la señal recibida.

Para resolver el problema de la dispersión en la tercera ventana puede recurrirse a diferentes tratamientos de la señal previos a su transmisión. También puede emplearse un tipo especial de fibra óptica monomodo denominada **fibra de dispersión desplazada**. Esta fibra minimiza la dispersión en los 1550 nm, aunque la aumenta en la

primera ventana. Por otra parte, presenta mayores pérdidas de transmisión en tercera ventana que la fibra estándar y es más cara.

Ya existen amplificadores totalmente ópticos, aunque por el momento únicamente trabajan en tercera ventana. En segunda ventana, la técnica de amplificación habitual se basa en la conversión óptico eléctrica de la señal para amplificar la señal resultante de radiofrecuencia, y posteriormente, convertirla de nuevo a señal óptica.

Las tecnologías de transmisión en segunda ventana gozan de un grado de madurez y economía que aún está por alcanzarse en las relacionadas con la tercera ventana. No obstante, estas últimas presentan ventajas obvias referidas al alcance de los enlaces y a las características de la amplificación que resultan muy útiles para redes con enlaces ópticos de gran longitud.

La transmisión de las señales de televisión por la fibra puede hacerse analógica o digitalmente. La transmisión digital ofrece importantes ventajas. Entre ellas destacan la no degradación de la señal en los repetidores al poder regenerarse totalmente, y la posibilidad de integración conjunta en la transmisión de señales de voz, vídeo y datos. Sin embargo, los anchos de banda requeridos para la transmisión de las señales digitales son muy elevados por lo que se recurre a técnicas de compresión.

Para la transmisión analógica se emplean dos tipos de modulación: de amplitud (AM) y de frecuencia (FM). Para la transmisión digital se emplea la modulación 64QAM.

La modulación de frecuencia presenta un buen comportamiento frente al ruido y otras perturbaciones relacionadas con la transmisión. Sin embargo, requiere anchos de banda por cada canal de televisión superiores a los de la modulación en amplitud (un canal de televisión modulado en FM ocupa un ancho de banda de 27 MHz). Además, los receptores de televisión están preparados para recibir señales en AM, por lo que sería necesario realizar una demodulación de la señal de FM y modulación en AM en un equipo previo al receptor, para que los canales de TV puedan ser demodulados por el aparato doméstico.

La modulación en AM es la que menos fortaleza presenta frente a las perturbaciones ocasionadas en la transmisión, pero debido a que la señal transmitida puede ser recibida directamente en los receptores convencionales de televisión, y al reducido ancho de banda de canal requerido (8 MHz en el sistema PAL), es la que se emplea comúnmente en los sistemas actuales.

La modulación 64 QAM es usada para la transmisión digital de datos. Este tipo de modulación aprovecha suficientemente bien el canal para una cierta probabilidad de error, siempre que el canal sea más o menos lineal. Además esta modulación se comporta mejor que la modulación MPSK ante problemas de desviación de fase (jitter).

### **1.3.2.2 Capacidad**

La capacidad de transmisión de la fibra es tremendamente superior a la de cualquier otro medio de transmisión conocido.

Con las tecnologías actuales, el ancho de banda para una determinada longitud de onda, se sitúa en los 2 GHz. Pero como la arquitectura más extendida en las redes CATV emplea fibra en la red troncal y coaxial en la red de distribución, tan sólo se utiliza en la fibra un ancho de banda hasta los 862 Mhz (limitado por el coaxial), lo que supone en torno a los 70 canales analógicos y 253 digitales de carga. La banda de retorno puede implantarse en los rangos establecidos para sistemas coaxiales (5-65 MHz, por ejemplo).

Por el momento, los transmisores actuales tienen sus limitaciones, ya que los láseres permiten transmitir hasta unos 80 canales de televisión en una única fibra. La solución cuando se quiere transmitir un elevado número de canales es aprovechar la circunstancia de que los cables instalados contienen varias fibras y emplear las que se estimen necesarias, lo que en todo caso permite una capacidad de transmisión extraordinaria aún sin emplear tecnologías sofisticadas. El precio a pagar deriva de la multiplicación de los equipos electro-ópticos necesarios en la red.

## 1.4 Historia de las redes CATV

En las cuatro décadas desde el comienzo de la televisión, la industria de la televisión por cable ha pasado por grandes cambios tecnológicos así como un enorme expansión económica. Antiguamente, pequeños operadores servían a una pequeña cantidad de suscriptores en localizaciones remotas, ofreciéndoles 3 canales, o quizás 5, usando simples amplificadores de tubo de vacío. Hoy en día, operadores de multisistemas sirven a millones de suscriptores en muchas partes del mundo, ofreciéndoles 78 canales, usando sofisticados amplificadores de semiconductores con control y monitorización automática.

En la última parte de la década de los 40, la industria de la televisión empezó su existencia. En la mayoría de las partes, las estaciones de televisión servían áreas urbanas con transmisores de relativa poca potencia. Los televidentes recibían las imágenes más o menos satisfactoriamente. Fuera de las zonas urbanas, las señales eran considerablemente más débiles, y, de ahí que los televidentes necesitarán unas antenas más grande montadas a unas alturas desde los 10 a los 30 metros sobre el nivel medio del terreno.

El número de receptores de la televisión aumentó rápidamente y, como este nuevo medio de comunicación aumentó la cantidad y calidad de su programación, el deseo por recibir el servicio de televisión se intensificó en los suburbios.

En Astoria, Oregon (EEUU), en 1948, De Parson instaló algunas antenas y un amplificador para aumentar las débiles señales que recibía. Montó una red de transmisión en la ciudad y conectó a unos pocos de sus amigos y vecinos al sistema, proporcionándoles la señal de televisión que normalmente no estaba disponible en aquella zona. Después de muchas pruebas y fallos, Parson mejoró la fiabilidad de su sistema y expandió su área de servicio. Pronto otras ciudades siguieron el ejemplo de Parson; el número de sistemas CATV creció rápidamente.

El primer sistema CATV usaba amplificadores de un único canal sobre canales de baja frecuencia no adyacentes, usualmente canales 2, 4 y 6. Se usaba un amplificador separado para canal que se transportaba. En un sistema de tres canales, las principales degradaciones de las señales eran el ruido y la supresión de los pulsos de sincronismo horizontales. El cable coaxial disponible en aquel tiempo, RG-8 y RG-11U, proporcionaba importantes pérdidas en la señal. Tales cables atenuaban el canal 6 (82-86 MHz), una frecuencia hoy considerada muy baja, unos 1.5 dB cada 30 metros; comparado con los modernos cables de .412" que introduce una pérdida de .85 dB/30 metros en el canal 6. Al usar esos cables, los operadores tenían que introducir amplificadores cada pocas decenas de metros para mantener la calidad de la imagen. A medida que los amplificadores mejoraban, los operadores podían usar tramos de cable de mayor longitud entre amplificadores. Amplificadores con 60dB de ganancia en el canal 6 permitían tramos de 120 metros.

Los amplificadores de banda ancha fueron introducidos en la mitad de la década de los cincuenta. Usaban tubos de vacío de alta potencia para amplificar los canales desde el 2 al 6 (desde 54 hasta 88 Mhz) en una única etapa amplificadora. En sistemas de 5 canales, las degradación en la señal se debían otros factores además del ruido y de la supresión de pulso de sincronismo horizontales. Para mantener una aceptable calidad de la señal, los operadores redujeron la ganancia y los niveles de las salidas de los amplificadores.

Los amplificadores de banda ancha de 12 canales traían más distorsiones. La modulación cruzada, una interacción entre los canales, llegó a ser el parámetro de distorsión más importante. Para mantener una aceptable calidad en la señal, los operadores redujeron el espacio entre los amplificadores y la ganancia y los niveles de las salidas de los amplificadores.

A la mitad de la década de los 60, la televisión en color llegó a ser común en EEUU. Los operadores tuvieron que cuidar sus equipos para producir una calidad satisfactoria en las imágenes para los televisores en color.

El primer amplificador práctico con transistores tenía peores salidas y ganancias. En consecuencia, el espacio entre amplificadores fue de nuevo reducido: 20 dB en el canal 13 (216 MHz) llegó a ser un común espaciado entre amplificadores. A pesar de que esta nueva familia de amplificadores costaba más y tenían menor potencia que los amplificadores de tubos, sus beneficios sobrepasaban sus limitaciones y gradualmente sustituyeron a los amplificadores de la familia de los tubos.

La nueva tecnología de semiconductores hacía posible circuitos de control automático de ganancia y pendiente (AGC y ASC). AGC y ASC permitían a los amplificadores mantener constantes niveles de salida a pesar de las fluctuaciones de las señales de entrada. Antes de que este tipo de control fuera posible, las distorsiones empeoraban cuando un descenso de las temperaturas reducía la resistencia del cable y permitía que niveles de señal más altos pasaran por el cable.

A principios de los 70, más cantidad de servicios de programas de vídeo empezaron a estar disponible y los operadores necesitaban más capacidad de canal para llevarlos hasta los abonados. Los amplificadores tipo "single-ended" comunes en aquel momento no podían transportar más de 12 canales. Amplificadores tipo "push-pull" ofrecían más ventajas en distorsión y ancho de banda que los anteriores ya que permitían el uso de un ancho de banda desde 50 hasta 300 MHz- mientras que un amplificador "single-ended" usa un transistor, uno "push-pull" usa dos en una configuración especial. Luego, los amplificadores "push-pull", que permitían una capacidad de 36 canales, rápidamente se convirtieron en un standard en la industria.

A final de los años 60, los operadores empezaron a usar el ancho de banda de 5 a 30 MHz para señales de retorno. Mientras que las señales de vídeo ordinarias iban desde la cabecera hasta los abonados, el ancho de banda de retorno permitían que señales fueran desde los abonados hasta la cabecera.

Un sistema de cable de dos vías, no sólo el operador de cable puede enviar señales de control a los abonados, sino que éstos también pueden devolver señales a la cabecera por el cable. Otro uso de la banda de retorno es la monitorización de estado. La monitorización de estado permite al operador supervisar la situación del sistema de

distribución coaxial. Un sistema de monitorización de estado permite detectar fallos en la fuente de alimentación o en los amplificadores.

A finales de los años 80, sistemas de cable con un ancho de banda de 50 a 450 MHz eran frecuentes. Algunos operadores construyeron sistemas con una capacidad de 78 canales, usando el ancho de banda de 50 a 550 MHz. La gran variedad de servicios de vídeo que podían ser transportados en este ancho de banda ayudaron a los operadores a mantener el interés de sus abonados ante la competencia de opciones de entretenimiento como los grabadores de vídeo o recepción vía satélite.

Sofisticados amplificadores eran necesarios para transportar tal cantidad de canales sin producir inaceptable degradaciones de la señal debido a ruidos o distorsiones. Los fabricantes de equipos para el cable desarrollaron dos amplificadores híbridos especiales de semiconductores para tal ancho de banda: el híbrido paralelo y híbrido “feedforward”. Comparados con el híbrido “push-pull”, ambos tienen menos especificaciones de ruido y distorsión y ambos permiten una mayor ganancia de operación y mayores niveles de señal. El híbrido paralelo está constituido por dos fases “push-pull” en paralelo. El híbrido “feedforward”, el más sofisticado disponible, obtiene mejores especificaciones debido a un proceso de cancelación de ruido y distorsión.

La tecnología actual apunta hacia las redes de cable que ofrecen múltiples servicios de telecomunicación, ofreciendo un gran ancho de banda (en torno 1 GHz). Los componentes de la red deben ser capaces de soportar tal nivel de tráfico sin que se produzcan distorsiones en la señal.

## 2. PARAMETROS DE UNA RED DE TELEVISION POR CABLE

Los parámetros de una red de este tipo son:

- arquitectura
- capacidad
- calidad
- planificación de frecuencias
- interactividad
- seguridad

A continuación se procede a explicar cada uno de ellos.

### 2.1 Arquitectura

La arquitectura de una red de cable define la solución adoptada para conectar los múltiples abonados a la estación de cabecera. Tradicionalmente, las redes CATV se han venido construyendo empleando una arquitectura denominada genéricamente árbol y rama, que es traducción directa del inglés "tree and branch". Esta solución está orientada a satisfacer las necesidades de un servicio de telecomunicación de difusión o broadcast como es la distribución de televisión, en el que una señal se transmite unidireccionalmente desde un punto a múltiples receptores. Sin embargo, no se adapta de manera óptima a otros servicios no de difusión basados en comunicaciones bidireccionales punto a punto.

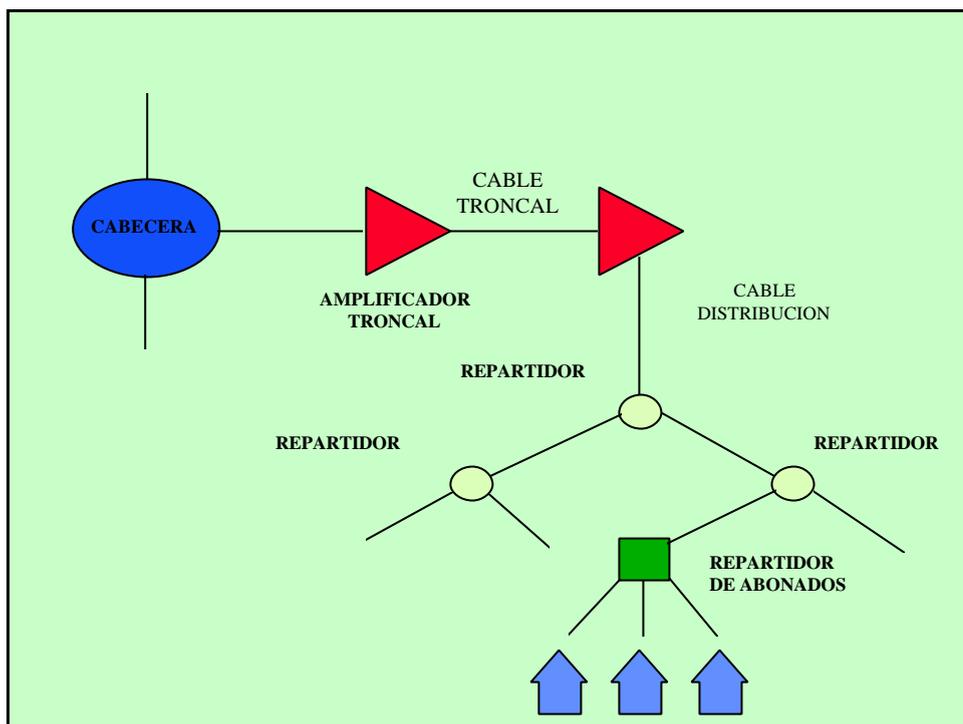
La tendencia seguida por las redes de CATV es la conversión hacia redes multiservicio, lo que lleva aparejada la adopción de nuevas arquitecturas de red

orientadas hacia dicho propósito. Estas arquitecturas adoptan genéricamente una topología en estrella.

### 2.1.1 Arquitectura en Estrella

La arquitectura en estrella es relativamente nueva en redes de televisión por cable. Su introducción responde al objetivo de solventar en lo posible las limitaciones de las redes en árbol, ofreciendo más y mejores servicios a los usuarios aunque, eso sí, con un coste mucho mayor y tanto más cuanto más se extienda la fibra óptica por la red. En la *Figura 2 1* se ofrece una representación gráfica de este tipo de arquitectura.

En una red en estrella, la cabecera se conecta mediante la red troncal a unos subsistemas específicos de selección, denominados **nodos o conmutadores**. Cada abonado se conecta al nodo mediante una línea de transmisión específica.



**Figura 2.1. Arquitectura en estrella**

El sistema funciona de forma tal que el nodo envía a cada abonado el canal o grupo de canales que éste le solicita, siempre actuando bajo control de un sistema informático de gestión radicado en la cabecera de la red. Lógicamente es necesario disponer de la banda de retorno, ya que deben establecerse comunicaciones entre los abonados y el nodo al que se conectan para solicitar los programas, y entre éstos y la cabecera para la gestión del sistema.

La introducción del nodo supone aportar "inteligencia" a la red y simplificar el equipo de abonado. Con esta solución, se dificultan las acciones de pirateo de la señal, ya que el abonado sólo recibe los canales autorizados desde la cabecera. Así, no es necesario codificar las señales y los equipos de abonado no tienen que aportar la función de decodificación. Además, el equipo de abonado sólo tiene que trabajar con el conjunto limitado de canales que le llega desde el nodo.

La arquitectura en estrella se adapta fácilmente a la prestación de otros servicios interactivos de comunicación de voz y datos, para los que además puede dedicar un mayor ancho de banda, puesto que el camino directo (nodo-abonado) sólo tiene que alojar un conjunto reducido de canales de televisión.

Finalmente, también presenta mejores niveles de calidad y disponibilidad de red que las soluciones en árbol.

## **2.2 Capacidad**

La capacidad de una red se expresa en términos de número de canales de televisión transmitidos o ancho de banda empleado en el camino directo desde cabecera hasta usuario. La capacidad de los sistemas de cable no ha dejado de crecer desde que fueron implantadas las primeras redes a partir de 1950, existiendo en estos momentos sistemas capaces de distribuir más de cien canales de TV.

La tendencia de crecimiento sucesivo de la capacidad se mantendrá, si se tiene en cuenta la multiplicidad de servicios que se pretenden ofrecer por dichas redes. La fibra óptica se constituye así en el medio de transmisión básico de las redes actuales, si no se quiere que éstas queden obsoletas en un futuro cercano.

Por tanto, dado que el principal coste de implantación de la fibra óptica es su instalación, debería procurarse una planta de fibra tan extensa y tan cerca del abonado como la inversión posible lo permita.

En este sentido, la determinación del número óptimo de fibras ópticas a emplear en una red de CATV es un factor importante. Este cálculo deberá hacerse teniendo en cuenta que habrá que prever las siguientes necesidades:

- Número de fibras necesarias para el servicio básico de distribución de canales de TV, que será función del número de canales de TV que se quiera transmitir. En la actualidad el número de canales analógicos que se puede transmitir por fibra

---

oscila entre los 60 a 80 según el tipo transmisor láser. En el caso de modulación FM, esta cifra desciende hasta 20 canales.

- Fibras para servicios interactivos y otros servicios posibles de voz y/o datos.
- Fibras de seguridad que aseguren la adecuada disponibilidad del sistema.

## 2.3 Calidad

El diseño de la red deberá garantizar un adecuado nivel en la calidad de la señal recibida en la toma de usuario. La evaluación de la calidad en las tomas de usuario se puede efectuar a través del juicio subjetivo de la imagen vista en el televisor, o bien objetivamente mediante la medida de una serie de parámetros de las señales recibidas en dichas tomas.

La evaluación subjetiva de la calidad de la imagen estará basada en un ratio de calidad de acuerdo con la Recomendación 500.3<sup>1</sup> del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), con un mínimo requisito de calidad de nivel 4.

---

<sup>1</sup>El CCIR establece una escala de cinco notas de evaluación de la calidad o degradación de la imagen:

Nivel 1: Calidad de imagen mala / Degradaciones muy molestas.

Nivel 2: Calidad de imagen mediocre / Degradaciones molestas.

Nivel 3: Calidad de imagen aceptable / Degradaciones ligeramente molestas.

Nivel 4: Calidad de imagen buena / Degradaciones perceptibles pero no molestas.

Nivel 5: Calidad de imagen excelente / Degradaciones imperceptibles.

La calidad de la señal recibida en los hogares se mide en términos objetivos en función del nivel de señal que se reciba y de los niveles de ruido y de los productos de intermodulación. El diseño del sistema se efectúa garantizando unos valores mínimos para estos parámetros que pueden comprobarse efectuando las oportunas medidas en las tomas de usuario.

### 2.3.1 Niveles de señal y ruido

Para que la imagen reproducida en el televisor tenga un nivel de calidad óptimo es necesario un determinado nivel de señal en la toma de usuario.

Sin embargo, no basta con garantizar un determinado nivel de señal. También es necesario mantener este nivel un cierto margen por encima de la potencia de ruido generada en el sistema. Esta medida la proporciona el parámetro denominado **relación portadora a ruido**, expresado de forma abreviada como **C/N**. La relación portadora a ruido para las señales de televisión es el cociente entre el máximo nivel de la portadora de vídeo sin señal de sincronismo y el valor efectivo del nivel de ruido. Se mide en decibelios (dB).

### 2.3.2 Distorsiones de la señal

Debido al comportamiento no lineal de los diferentes elementos activos de un sistema de comunicaciones (principalmente transmisores y amplificadores), cuando éstos actúan sobre un conjunto simultáneo de señales se produce una serie de señales adicionales y efectos indeseados que pueden llegar a hacer inviable la comunicación. Este es el caso de las redes CATV, donde un conjunto múltiple de portadoras de vídeo y audio viajan por la red.

Los efectos más perjudiciales en los sistemas de CATV son los siguientes:

- 
- **Modulación cruzada (XM):** Es el fenómeno por el cual una determinada portadora puede ser modulada por cualquier otra de alguno de los canales que viajan por la red. La modulación cruzada se define específicamente como la amplitud de pico de la modulación de una portadora de test causada por otras portadoras.
  - **Productos de intermodulación:** Los productos de intermodulación son señales indeseadas generadas en los elementos activos. Estos productos son combinaciones lineales de las frecuencias de las portadoras transmitidas y pueden llegar a tener niveles comparables a los de las propias portadoras, lo que podría perturbar seriamente el funcionamiento del sistema. El diseño del sistema deberá garantizar que el nivel de la portadora en cada canal se encuentra un determinado margen por encima del nivel de los productos de intermodulación más perjudiciales. Los productos de mayor importancia son los siguientes:
    - *Segundo Orden (CSO):* Los más perjudiciales son los productos de intermodulación causados por dos portadoras, que no son más que las frecuencias suma y diferencia de las mismas. Las tecnologías aplicadas hoy día en el diseño de los amplificadores han permitido minimizar el efecto causado por estos productos en el sistema.
    - *Tercer Orden (CTB):* Consisten en las sumas y diferencias de dos o tres portadoras. En el caso de dos portadoras son sumas y diferencias de una portadora y el segundo armónico (frecuencia doble) de la otra. Por ejemplo,  $f_a + 2 f_b$  ó  $2 f_a - f_b$ . En el caso de tres portadoras son sumas y restas de las tres, por ejemplo  $f_a - f_b + f_c$ . Son los productos más perjudiciales en el funcionamiento de la red.

## 2.4 Planificación de frecuencias

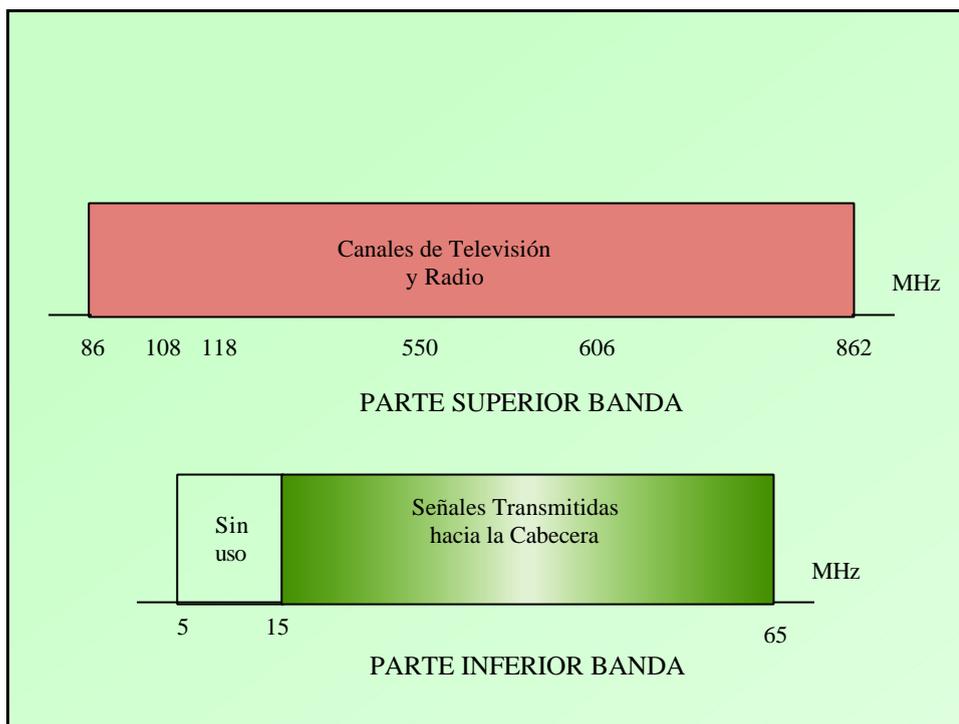
Los sistemas de televisión por cable más anticuados emplean una banda de frecuencias comprendida entre los 5 MHz y los 350 MHz. Esta banda se ha ido ampliando sucesivamente y en la actualidad se instalan sistemas que operan entre los 5 y los 862 Mhz, o incluso, hasta 1 Ghz.

En este espacio se alojan los canales de televisión y radio que van a ser distribuidos. La porción de banda que ocupan estos canales, transmitidos unidireccionalmente hacia los usuarios, se sitúa generalmente a partir de los 65-85 Mhz y hasta el extremo superior de las frecuencias de transmisión.

En la parte inferior de la banda, se reserva una porción entre los 5 y los 45-65 Mhz para las señales transmitidas hacia cabecera. Esta porción se denomina **banda de retorno**.

En la *Figura 2-2* aparece un esquema de la distribución del ancho de banda de un sistema CATV.

La colocación de los diferentes canales de televisión a lo largo de la banda del sistema se realiza de acuerdo con un determinado patrón o plan de frecuencias. En la *Tabla 2-1* se ofrece el plan de frecuencias del CCIR según las normas B y G (canales PAL) para la difusión terrenal hertziana. En el mismo figuran también los canales en banda S (108-174 MHz y 230-300 MHz) que no se emplean en la difusión hertziana de televisión, pero sí en la distribución por cable.



**Figura 2.2. Esquema de Asignación de Frecuencias**

En la planificación de frecuencias de un sistema por cable deberán observarse dos consideraciones básicas:

- Nunca deberán emplearse en la red de cable canales que están siendo distribuidos en la zona mediante ondas hertzianas, ya que esto podría producir doble imagen en el televisor al recibir señales por dos vías distintas.
- El tratamiento de las señales recibidas por el televisor se efectúa a una frecuencia denominada **frecuencia intermedia (FI)**. El empleo de esta frecuencia simplifica el diseño del equipo y reduce su coste, ya que los filtros de FI y los amplificadores son los mismos para cualquier canal de TV. La generación de la FI se produce mediante mezcla de las portadoras de vídeo y audio del canal que se trate de sintonizar con una frecuencia producida por el oscilador local del receptor de TV.

Puede ocurrir que las frecuencias de los osciladores locales interfieran en ciertos canales al estar sintonizado el televisor en uno determinado. Para evitar efectos indeseados debido a esta causa, debe procurarse un aislamiento mayor que 40 dB entre las diferentes tomas de abonado conectadas a la red de distribución mediante la red de usuario.

**SITUACION DE LOS CANALES**  
**VHF (Bandas I, III y S) UHF (Bandas IV y V)**  
**7 MHz 8MHz**

BANDAS	CANAL	FRECUENCIA CANAL MHz	PORTADORA VIDEO MHz	PORTADORA SONIDO MHz	SUBPORT COLOR MHz
I	2	47...54	48,25	53,75	52,68
	3	54...61	55,25	60,75	59,68
	4	61...68	62,25	67,75	66,68
CANALES ESPECIALES BS baja	S1	104...111	105,25	110,75	109,68
	S2	111...118	112,25	117,75	116,68
	S3	118...125	119,25	124,75	123,68
	S4	125...132	126,25	131,75	130,68
	S5	132...139	133,25	138,75	137,68
	S6	139...146	140,25	145,75	144,68
	S7	146...153	147,25	152,75	151,68
	S8	153...160	154,25	159,75	158,68
	S9	160...167	161,25	166,75	165,68
	S10	167...174	168,25	173,75	172,68
III	5	174...181	175,25	180,75	179,68
	6	181...188	182,25	187,75	186,68
	7	188...195	189,25	194,75	193,68
	8	195...202	196,25	201,75	200,68
	9	202...209	203,25	208,75	207,68
	10	209...216	210,25	215,75	214,68
	11	216...223	217,25	222,75	221,68
CANALES ESPECIALES BS alta	S11	223...230	224,25	229,75	228,68
	S12	230...237	231,25	236,75	235,68
	S13	237...244	238,25	243,75	242,68
	S14	244...251	245,25	250,75	249,68
	S15	251...258	252,25	257,75	256,68
	S16	258...265	259,25	264,75	263,68
	S17	265...272	266,25	271,75	270,68
	S18	272...279	273,25	278,75	277,68
	S19	279...286	280,25	285,75	284,68
	S20	286...293	287,25	292,75	291,68
IV	21	293...300	294,25	299,75	298,68
	22	470...478	471,25	476,75	475,68
	23	478...486	479,25	484,75	483,68
	24	486...494	487,25	492,75	491,68
	25	494...502	495,25	500,75	499,68
	26	502...510	503,25	508,75	507,68
	27	510...518	511,25	516,75	515,68
	28	518...526	519,25	524,75	523,68
		526...534	527,25	532,75	531,68

	29	534...542	535,25	540,75	539,68
	30	542...550	543,25	548,75	547,68
	31	550...558	551,25	556,75	555,68
	32	558...566	559,25	564,75	563,68
	33	566...574	567,25	572,75	571,68
	34	574...582	575,25	580,75	579,68
	35	582...590	583,25	588,75	587,68
	36	590...598	591,25	596,75	595,68
	37	598...606	599,25	604,75	603,68
V	38	606...614	607,25	612,75	611,68
	39	614...622	615,25	620,75	619,68
	40	622...630	623,25	628,75	627,68
	41	630...638	631,25	636,75	635,68
	42	638...646	639,25	644,75	643,68
	43	646...654	647,25	652,75	651,68
	44	654...662	655,25	660,75	659,68
	45	662...670	663,25	668,75	667,68
	46	670...678	671,25	676,75	675,68
	47	678...686	679,25	684,75	683,68
	48	686...694	687,25	692,75	691,68
	49	694...702	695,25	700,75	699,68
	50	702...710	703,25	708,75	707,68
	51	710...718	711,25	716,75	715,68
	52	718...726	719,25	724,75	723,68
	53	726...734	727,25	732,75	731,68
	54	734...742	735,25	740,75	739,68
	55	742...750	743,25	748,75	747,68
	56	750...758	751,25	756,75	755,68
	57	758...766	759,25	764,75	763,68
	58	766...774	767,25	772,75	771,68
	59	774...782	775,25	780,75	779,68
	60	782...790	783,25	788,75	787,68
	61	790...798	791,25	796,75	795,68
	62	798...806	799,25	804,75	803,68
	63	806...814	807,25	812,75	811,68
	64	814...822	815,25	820,75	819,68
	65	822...830	823,25	828,75	827,68
	66	830...838	831,25	836,75	835,68
	67	838...846	839,25	844,75	843,68
	68	846...854	847,25	852,75	851,68
	69	854...862	855,25	860,75	859,68

**Tabla 2 1. Plan de Frecuencias CCIR B/G**

#### 2.4.1 Planes de Frecuencia Especiales

En las grandes redes de cable de los EE UU, es frecuente utilizar unos esquemas especiales de colocación de los canales de televisión que permiten reducir las distorsiones en la red. Los planes de este tipo más comunes son los denominados **HRC** (Harmonically Related Carriers o portadoras armónicamente relacionadas) e **IRC**

(Incrementally Related Carriers o portadoras incrementalmente relacionadas). El esquema IRC ofrece menos mejoras y es menos utilizado. Cualquiera de los dos planes requiere el empleo de moduladores y procesadores de señal específicos, así como un dispositivo adicional denominado **generador de frecuencias piloto**, en inglés "comb generator".

El planteamiento del sistema HRC consiste en colocar las portadoras de vídeo 1.25 MHz por debajo de la frecuencia que les correspondería en el canal normal NTSC o PAL. De esta forma las portadoras de vídeo quedan situadas en frecuencias múltiplos de 6 MHz (NTSC) u 8 MHz (PAL), en lugar de estar espaciadas en intervalos de 6 u 8 Mhz y tomando valores que no son múltiplos de dichas cantidades. Así la mayoría de los armónicos y productos de intermodulación tendrán frecuencias iguales a las de las portadoras de los distintos canales, minimizando los efectos perjudiciales en la imagen de televisión. En todo caso, los niveles de las distorsiones deben ser superiores en 6 dB a las producidas en un esquema de frecuencias normal, para que sus efectos sean apreciables en las imágenes.

Por otra parte, el proceso de señal seguido en cabecera dentro de un esquema HRC genera todas las frecuencias de portadora de forma coherente a partir del generador de frecuencias piloto. Este generador produce una serie de armónicos múltiplos exactos de 6 u 8 MHz (según la norma de TV). La salida del generador alimenta los moduladores o procesadores de señal que están enganchados en fase y frecuencia al generador, de manera que cada modulador sólo admite la portadora que le corresponde.

Con el método anterior no es posible que se produzcan desplazamientos de frecuencias de las portadoras ya que éstas siguen a los valores producidos por el generador. Estas derivas de las frecuencias de portadoras, posibles si no se sigue un esquema HRC, pueden empeorar los efectos de las intermodulaciones. Aunque en una cabecera HRC el generador tuviera alguna deriva de frecuencia, todas las frecuencias generadas se desplazarían "armónicamente" coincidiendo los productos de intermodulación con las portadoras.

Lógicamente se entiende que el uso de esquemas HRC se hace tanto más necesario cuanto mayor es el número de canales a distribuir por la red.

El esquema IRC se basa en desplazar únicamente dos canales de su emplazamiento original. Los canales 5 y 6 son desplazados 2 MHz respecto de su canalización original. Como en el caso HRC, la cabecera IRC también es una cabecera coherente, con generador de referencia que estabiliza las frecuencias de todas las portadoras.

## 2.5 Interactividad

Los diseños básicos de los sistemas de cable están cambiando de manera tal que permiten a los sistemas de cable ofrecer servicios interactivos o bidireccionales. Los sistemas de cable se han diseñado históricamente como redes orientadas a la distribución eficiente de un elevado número de programas hasta los hogares individuales. Sin embargo, los consumidores demandan en la actualidad la posibilidad de comunicarse con sus sistemas de cable, además de la recepción de programas de televisión. El desarrollo tecnológico ha permitido la implantación de redes de cable "direccionables", en los cuales los usuarios tienen capacidad para comunicarse con el sistema.

Los cables coaxiales empleados en las redes de cable tienen capacidad para transmitir señales bidireccionalmente, lo que permite que los usuarios puedan enviar mensajes de datos a la cabecera y viceversa. De acuerdo con ciertas estimaciones<sup>2</sup>, prácticamente el 100 % de los nuevos sistemas de cable construidos en EE UU desde 1987 tienen capacidad bidireccional. Esto significa que el cable por sí mismo es capaz de transmitir las señales simultáneamente en ambas direcciones, aunque amplificadores y otros equipos electrónicos deben ser diseñados específicamente para dicha funcionalidad.

---

<sup>2</sup> Fuente: Paul Kagan Associates, Inc, Cable TV Technology.

La fibra óptica permite un ancho de banda mayor para el camino de retorno, sobre todo si el sistema se diseña reservando una o más fibras por nodo o usuario para dicha función.

Además de la propia red, un elemento fundamental en la prestación de servicios interactivos es el equipo de usuario comúnmente denominado **convertidor** o **set top box**.

Originalmente, el convertidor era el equipo que permitía que el televisor pudiera sintonizar los canales que se transmitían desde cabecera. Las funciones de los convertidores se han ido ampliando a medida que lo ha hecho el abanico de servicios ofrecido por las redes de cable. Los equipos actuales permiten que los abonados reciban programas o servicios específicos, además del paquete básico de programas o servicios ofrecidos por la red. El control del convertidor se efectúa mediante un sistema informático central que gobierna su funcionamiento. Los convertidores de este tipo se denominan direccionables, puesto que cada uno de ellos dispone de un código o dirección concreta mediante la que es identificado por el sistema de control.

Esta capacidad de selección de programas es comercializada por los operadores a través de distintas fórmulas de televisión de pago. Las señales de control de los convertidores dependen del tipo de contrato efectuado por el cliente (canales a los que se suscribe, periodo de suscripción, crédito para programas específicos de pago que desea ver...). Las solicitudes de los usuarios se efectúan generalmente vía telefónica por medio de un operador o a través del retorno de la red de cable.

Existen varias alternativas tecnológicas que permiten sustituir el operador telefónico de atención al abonado. Una de ellas es la denominada "Automatic Number Identification Services (ANI)" (**Servicios de Identificación Automática de Número**) que es ofrecida por medio de las operadoras de telecomunicaciones. Estos servicios permiten que los clientes llamen telefónicamente para solicitar un determinado programa, y esperar únicamente a un mensaje de ordenador que reconoce la llamada. El ordenador de la operadora telefónica identifica el número llamante, y lo notifica al ordenador de la cabecera de la red de cable, para que se envíe al abonado el programa correspondiente.

Unos segundos más tarde, ese ordenador también envía a la compañía de cable una lista de los clientes que desean ver dicho programa.

Otra alternativa más reciente se basa en la utilización de **Sistemas de Respuesta Automática (ARU, Automatic Response Unit)**. Estos sistemas se basan en un ordenador tipo PC dotado de un software especial al que se conectan mediante el interfaz idóneo varias líneas telefónicas. El PC también está conectado al sistema de gestión y facturación de la red. El abonado debe llamar a uno de los números de teléfono de cualquiera de las líneas anteriores. Cuando la conexión queda establecida, el PC guía mediante voz sintetizada la elección del programa que desea ver el abonado.

Las progresivas mejoras que se han producido en el diseño de los convertidores permiten a los operadores de cable ofrecer servicios de selección de programas por parte de los usuarios a través de la propia red de cable. En este sentido, han aparecido los convertidores direccionables equipados con módulos "tone", que castellanizado podría equivaler a convertidores direccionables interactivos, en adelante **convertidores interactivos**.

Estos convertidores pueden seleccionar una película o programa instantáneamente mediante el empleo de un sencillo mando a distancia, que permite el envío de la señal de solicitud hacia la cabecera por el canal de retorno de la red de cable. En la cabecera se autoriza inmediatamente la compra del programa en función de un límite de créditos preestablecidos. Posteriormente, el sistema de control sondea los convertidores y obtiene los datos de las compras efectuadas por el canal de retorno de la red de cable.

## 2.6 Seguridad de la Red

La seguridad debe ser un objetivo a garantizar, tanto en lo que se refiere a la integridad física y el correcto funcionamiento de la propia red, como en el control del

acceso a la programación distribuida por la misma. Se utilizará el término seguridad física para el primer caso y seguridad de la programación para el segundo.

### **2.6.1 Seguridad Física**

El concepto de seguridad física radica en un constante mantenimiento del correcto funcionamiento de la red. El diseño de la red deberá contemplar como piezas básicas en este sentido:

- La introducción de elementos redundantes en aquellas partes de la red consideradas críticas para su funcionamiento. Así por ejemplo, pueden introducirse moduladores de reserva en la cabecera, fibras óptica de reserva, receptores y transmisores ópticos duplicados o fuentes de alimentación dobles para los elementos activos.
- La instalación en la red de un subsistema de monitorización y control que estará generalmente radicado en la cabecera y que deberá permitir la detección de las anomalías que se presenten en la red, de manera que puedan ser corregidas sin que causen una interrupción del servicio a los abonados.

### **2.6.2 Seguridad de la programación**

La aparición de servicios de televisión de pago hacia 1940 en los EE UU llevó consigo el desarrollo de sistemas de control de acceso a la programación. El objetivo de estos sistemas es limitar el acceso a ciertos programas, de manera que sólo aquellos clientes que pagan específicamente por los mismos puedan verlos en su receptor. Existen dos formas de impedir que abonados no autorizados accedan a la recepción de señales:

- 
- **Introducción de trampas en la red:** Este método ya obsoleto se basaba en la introducción de unos filtros denominados "trampas" en la red de usuario, antes de que la señal llegue a la toma. Es un método poco flexible, ya que requiere la instalación o desinstalación de un determinado dispositivo cada vez que un usuario quiere acceder a un canal de pago. En este sentido, es poco práctico para servicios de actualidad como el pago por programa. Por otra parte, los filtros o trampas están sujetos a posibles manipulaciones no autorizadas por parte de los abonados.

Se emplean dos tipos de trampas:

- *Trampa positiva:* En este método una portadora interferente es superpuesta en la cabecera al canal a codificar. La trampa positiva es un filtro que elimina esta portadora interferente, permitiendo al televisor del abonado restaurar la imagen perfectamente. El dispositivo se instala solamente en el hogar del abonado que ha contratado el canal de pago.
  - *Trampa negativa:* Es simplemente un filtro que atenúa enormemente la portadora en la que se transmite el canal de pago, impidiendo así al abonado la recepción de dicho canal. El dispositivo se instala en el cable coaxial externo al hogar del abonado que no ha contratado el canal de pago.
- **Codificación y descodificación de la señal:** Este procedimiento consiste en alterar en la cabecera las características de la señal transmitida, de acuerdo con un determinado patrón. De esta forma, sólo aquellos televisores conectados a un dispositivo descodificador capaz de devolver la señal a su formato original, podrán ofrecer las imágenes deseadas.

Para potenciar la seguridad de la programación, las últimas generaciones de descodificadores son "direccionables", esto es, los descodificadores son capaces de interpretar datos enviados desde cabecera sobre el proceso de descodificación.

En general, este es el procedimiento utilizado para ofrecer los más avanzados servicios de televisión de pago que existen en la actualidad.

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA**

En este capítulo se comentarán las fases que se deben seguir para realizar el diseño de la red. Estas fases son:

- toma de datos
- elección de los parámetros de la red
- especificaciones técnicas que deben cumplir los componentes de la red
- comprobar que se cumplen las especificaciones

#### **3.1 Herramientas de Diseño**

Con el fin de agilizar y facilitar el diseño del sistema es imprescindible contar con el apoyo de una serie de herramientas hardware y software apropiadas para el trabajo a realizar.

#### **3.2 Toma de Datos**

Consiste en la toma de datos, directamente sobre el terreno, que son necesarios para la realización del diseño de la red de telecomunicaciones por cable, así como para ingeniería de obra civil e instalación. Para un buen rendimiento de esta actividad, es conveniente contar con información previa de infraestructuras existentes en la ciudad,

tales como canalizaciones municipales (tráfico, alumbrado público, etc.), privadas (gas, agua, electricidad, teléfono, alcantarillado, etc.), no siendo en modo alguno imprescindible, salvo que se hayan de utilizar dichas infraestructuras. Esta actividad, así como todas las demás actividades englobadas en el proceso de diseño, se realiza sobre una cartografía digital (con precisión equivalente a 1:500 o 1:1000).

Asimismo, es necesario disponer por parte de la Propiedad de todas las normativas locales vigentes referentes a la construcción/instalación en vía pública de: canalizaciones, tendido de cable, ubicación armarios, etc.

También se contempla la realización de toma de datos en interiores de edificios cuando la solución a emplear sea el cableado interior. Estos edificios requieren una tratamiento especial e individualizado.

Se distinguen tres tipos de datos a recoger en el replanteo base:

- **datos necesarios**, son aquellos datos imprescindibles para realizar el diseño con la calidad y fiabilidad adecuada,
- **datos complementarios**, son aquellos datos que, sin ser imprescindibles para la realización del diseño, pueden aportar información adicional útil en decisiones puntuales durante el diseño,
- **datos de interiores**, son aquellos datos necesarios para realizar la ingeniería de diseño de los edificios que requieren cableado interior. En el replanteo base se recogerán los datos iniciales, quedando pendiente la solución final de una reunión con la comunidad de vecinos para definir el recorrido exacto del tendido de cable. Dicha reunión será coordinada por el equipo de consecución de permisos de la Propiedad.

En ocasiones y debido a la dificultad que existe generalmente de entrar en los edificios, los datos iniciales no se recogen, quedando todo el replanteo postpuesto hasta la reunión mencionada.

A continuación se enumeran los datos necesarios que se deben recoger en el replanteo base, así como algunos de los datos complementarios.

- **Datos necesarios:**

- identificación a priori de edificios que pueden ser cableados por fachada y por interior, respectivamente
- situación propuesta de las verticales, en base a los criterios de diseño
- nº de hogares para cada vertical
- nº de locales comerciales/oficinas para cada vertical
- situación propuesta para los armarios y equipos en fachada, en base a los criterios de diseño
- ruta propuesta para tendidos subterráneos
- verificación de la cartografía digitalizada
- identificación de zonas/calles privadas no especificadas en la cartografía
- identificación de posibles obstáculos como mobiliario urbano, árboles, vías de tranvía, puentes, etc.
- fotografías de las fachadas de los edificios que pueden ser cableadas
- fotografías de rutas conflictivas
- identificación de las distintas superficies de calzadas y aceras y su estado de conservación

- identificación de edificios deshabitados

- **Datos complementarios:**

- localización de infraestructuras existentes, tales como canalizaciones municipales (tráfico, alumbrado público, etc.), privadas (gas, agua, electricidad, teléfono, alcantarillado, etc.)
- identificación de edificios públicos (colegios, universidades, hospitales, hoteles, etc.) y edificios de oficinas
- identificación de zonas industriales
- identificación de elementos de infraestructura de la ciudad (puentes, ríos, vías de tren, galerías de servicios, etc.)

- **Datos de interiores:**

- nº de viviendas por planta en edificios
- ruta propuesta para cada tendido de cable
- obstáculos y dificultades previstos que pueden afectar a la instalación.

### **3.3 Diseño de la Red**

#### **3.3.1 Consideraciones Técnicas y Tecnológicas**

El diseño del sistema básico, su arquitectura, ancho de banda y capacidad depende, por un lado, de los requisitos operacionales y servicios a ofrecer, y, por otro lado, de la tecnología, consideraciones técnicas y limitaciones de ejecución.

El impulso y la necesidad de llevar a cabo una solución rentable de "sistema abierto", esto es, adaptable a soluciones futuras, exige la adopción de compromisos entre incorporación de nuevas tecnologías y nivel de inversiones posible.

Los elementos principales para la toma de decisiones se refieren a infraestructura y arquitectura. Construir un sistema de telecomunicaciones implica siempre una gran cantidad de inversión en infraestructura básica (conductos, basamentos, canalizaciones, alimentación, conexiones a edificios y abonados, etc). Es necesario asegurar que ésta inversión sea rentabilizada al máximo. Así que la topología del sistema y la "solución arquitectónica" contemplarán la posibilidad de futuras adaptaciones a las necesidades y servicios del mañana.

Los sistemas CATV desarrollados y sus posibilidades operacionales, en términos de servicios ofertables (telefonía por cable, servicios de valor añadido, comunicaciones bidireccionales para los servicios avanzados de CATV, telemedida, telecontrol y otros sistemas de comunicación tales como P.C.S.), y la necesidad de una futura mayor capacidad para servicios portadores de doble sentido, implica la implantación de las más modernas tecnologías y soluciones para los nuevos sistemas.

Todo ello implica, a la hora de diseñar el sistema, tener en cuenta los siguiente puntos:

- La necesidad de asegurar una red troncal flexible, segura, expansible y de alta capacidad, en lo que se refiere a capacidades y modos de transmisión.
- La necesidad de construir una arquitectura que sirva eficazmente (relación óptima coste/capacidad) para las necesidades presentes, y que se adapte fácilmente a las necesidades futuras.

Desde el punto de vista técnico y de ingeniería, esto puede traducirse en una estrategia de implantación de red basada en:

- Establecer una **red troncal de fibra óptica**.
- Construir una **arquitectura con topología de estrella y terminaciones en pequeñas configuraciones árbol-estrella**.

### 3.3.1.1 Red Troncal de Fibra Óptica

La idea de construir una red troncal para una red CATV unidireccional y ampliarla después a un vehículo de transmisión de señales analógicas y digitales bidireccional, requiere al principio una inversión más importante en el cable multi-fibra óptica.

Puesto que los equipos de transmisión electrónica evolucionan y cambian rápidamente, el cable de fibra óptica deberá ser de calidad tal que garantice el cumplimiento de los requerimientos actuales y futuros.

Esto requiere, por un lado, instalar cables multi-fibra de alta calidad con un número calculado de fibras de reserva, y, por otro lado, usar transmisores y receptores adecuados para los servicios a implantar en un primer momento.

Dado que los equipos de transmisión de fibra óptica basados en 1.310 nm (2ª ventana) ofrecen una solución madura y rentable, se sugiere lo siguiente:

- Instalar cables monomodo de fibra óptica, optimizados para una operación en 1.310 nm, para las líneas principales en la ciudad, con todos los acopladores, divisores y elementos pasivos capaces de operar en un entorno de ventana doble (1.310 / 1.550 nm).
- Instalar cables de fibra óptica de "dispersión desplazada", optimizados para una operación de 1.550 nm, en las mayores distancias de cable, para sacar mayor partido de la ventaja general que supone trabajar con una ventana (doble) de 1.550 nm (atenuación óptica más baja).

- Usar equipos de transmisión de fibra óptica de acuerdo con el criterio de optimización de la relación coste - prestaciones dentro del servicio básico de CATV, teniendo en cuenta además otros requisitos y consideraciones operacionales (redundancia, mantenimiento, etc.).

El uso de láseres DFB o "Super D.F.B." con circuitos de predistorsión, o los láseres de modulación externa "Y.A.G" para la transmisión de señales CATV y el uso de varios tipos de receptores deberán ser completamente analizados y específicamente determinados en esta fase de diseño del sistema.

### **3.3.1.2 Arquitectura**

La red troncal se plantea con forma de estrella doble desde la cabecera hasta las áreas de servicio, donde cada conversor electro-óptico (nodo óptico) abastece alrededor de 500 hogares.

La tecnología SSB-500 es actualmente la que mejor relación prestaciones / coste ofrece, es compatible con futuros desarrollos y permite aplicar una planta de distribución coaxial de coste efectivo desde el nodo óptico hasta las tomas de abonado.

La red de distribución coaxial puede adoptar la siguiente estructura:

- Pequeños sistemas de alimentación y distribución en forma de árbol - estrella, con no más de 2 elementos activos desde el nodo óptico hasta la toma de abonado. Esta arquitectura permite, por un lado, un uso eficiente de las capacidades de los amplificadores de distribución y, por otro lado, mantiene una buena calidad de señal en las tomas de abonado. Además, se incrementa la fiabilidad y se reduce la necesidad de alimentación eléctrica y sus problemas asociados (fiabilidad y reservas o back-up).

- 
- Empleo del mismo tipo de cable coaxial a lo largo de todo el sistema hasta los puntos centrales de distribución del edificio, lo que implica beneficios en coste, logísticas, de instalación, formación, mantenimiento, etc). La red de abonado utiliza otro tipo de cable más económico y de menores prestaciones.
  - Todos los abonados se conectan a los puntos centrales de distribución del edificio formando una red de abonado en estrella.
  - Ofrecer un camino de retorno más amplio (hasta 65/85 MHz), desde el abonado hasta el nodo, para los grupos más pequeños de abonados. Puesto que no hay limitación del ancho de banda de retorno desde el nodo hasta la cabecera (red troncal de fibra óptica), siendo el ancho de banda de retorno (5-65 MHz) compartido por unos 500 hogares solamente, la conectividad bidireccional de los abonados con la cabecera y, por tanto, las futuras posibilidades de comunicaciones son muy elevadas.
  - El camino directo se diseña con fiables y experimentados equipos de distribución de 862 MHz (se considera este ancho de banda el más idóneo actualmente en tecnología coaxial), sin embargo, todos los alojamientos y chasis de amplificadores deben ser compatibles 1GHz, para futuras ampliaciones de ancho de banda.

### 3.3.2 Cálculos del Sistema

El diseño de la red se realizará teniendo en cuenta las ubicaciones decididas para la cabecera y los distintos conversores electro-ópticos. Evidentemente la mejor situación para una y otros es aquella que minimice la longitud de red necesaria. Sin embargo, para la cabecera este factor debe considerarse junto a otros como la calidad de recepción de

señales en ese emplazamiento teórico o la disponibilidad de espacio físico para su instalación. En cuanto a los nodos deberán colocarse allí donde puedan instalarse sus alojamientos (armarios o arquetas).

### **3.3.2.1 Red de Distribución**

Los pasos a seguir en el diseño de la red de distribución son los siguientes:

- **Especificación de la banda de trabajo**

En el apartado anterior se indicó la necesidad de trabajar con equipos en la banda de 862 MHz como requisito impuesto por el Reglamento Técnico para la Prestación del Servicio de Telecomunicaciones por Cable (RTPSTC).

- **Determinación de la máxima cascada de amplificadores**

En las premisas de diseño se especificó que no deben emplearse más de 2 elementos activos hasta cualquier toma de abonado. Deberá comprobarse que el abonado que más alejado se encuentre del nodo de su área no precisará de mayor número de activos para su conexión a la red.

- **Cálculo de las distorsiones y niveles de operación**

Una planificación adecuada de frecuencias puede contribuir considerablemente a la mejora de la calidad de la señal, al disminuir el efecto de determinados productos de intermodulación.

Dentro de las tres opciones de planificación de frecuencias (estándar, HRC e IRC), el empleo del esquema HRC permite aumentar el nivel de señal mejorando así la relación

entre portadora y ruido (C/N). En tal caso la red puede transportar más canales sin que se presenten excesivas distorsiones.

En el diseño de un sistema se tienen en consideración solamente los parámetros:

- Relación portadora a ruido (C/N).
- Relación portadora a productos de intermodulación de triple batido (C/CTB).
- Relación portadora a modulación cruzada (C/XM).

Las productos de intermodulación de segundo orden (relación C/2nd) y los de tercer orden de dos portadoras (relación C/3rd) pueden despreciarse por mantenerse dentro de un margen aceptable siempre y cuando C/XM y C/CTB también lo estén. Por otro lado, los armónicos de segundo orden y otros armónicos pares son cancelados por amplificadores "push - pull".

Para mantener una buena calidad de distorsión (C/XM, C/CTB) son convenientes niveles bajos de señal, mientras que para mantener una buena relación C/N son convenientes niveles de señal elevados.

### *CÁLCULO DE LA RELACIÓN PORTADORA A RUIDO (C/N)*

La relación C/N de un amplificador depende de su nivel entrada. Es por esto que no aparece este parámetro en las especificaciones del equipo. En cambio, aparece la "**figura de ruido**" (**NF**, abreviatura del inglés noise figure) del amplificador, a partir de la cual se puede calcular la relación C/N conociendo el nivel de entrada. La relación C/N representa el cociente entre el nivel de la portadora de vídeo y el nivel de ruido generado por el amplificador. Se expresa en decibelios (dB).

La C/N de un amplificador puede calcularse como:

$$C/N_{\text{Unidad}} = 59 - NF + \text{Nivel Entrada (dB)}$$

El nivel de entrada de la señal en el amplificador viene expresado en dBmV.

La relación C/N al final de una cascada de viene expresada mediante la siguiente fórmula (variación de la fórmula de Friis):

$$C/N = -10 \times \text{LOG} \left[ 10^{-\frac{C/N_1}{10}} + 10^{-\frac{C/N_2}{10}} + \dots + 10^{-\frac{C/N_n}{10}} \right]$$

donde:

**C/N:** relación portadora / ruido en el punto terminal de línea.

**C/N<sub>1</sub>:** relación portadora / ruido del amplificador 1.

**C/N<sub>2</sub>:** relación portadora / ruido del amplificador 2.

**C/N<sub>n</sub>:** relación portadora / ruido del amplificador n.

Para calcular el parámetro C/N en el punto terminal de línea, se calculan primero por separado los C/N de cada amplificador y seguidamente se combinan como muestra la anterior fórmula.

### *CÁLCULO DE LOS PRODUCTOS DE MODULACIÓN CRUZADA*

Para un amplificador, los productos de modulación cruzada se calculan mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{XM} = \mathbf{XM}_0 + 2[\mathbf{OP} - \mathbf{REF}]$$

donde:

- XM<sub>0</sub>:** Productos de modulación cruzada para niveles de salida según especificaciones.
- OP:** Nivel de salida de señal en amplificador.
- REF:** Niveles de salida según especificaciones (dBm).

La relación C/XM al final de una cascada de viene expresada mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{C/XM} = -20 \times \mathbf{LOG} \left[ 10^{-\mathbf{C/XM}_1/20} + 10^{-\mathbf{C/XM}_2/20} + \dots + 10^{-\mathbf{C/XM}_n/20} \right]$$

donde:

- C/XM:** relación portadora / productos de modulación cruzada en el punto terminal de línea.
- C/XM<sub>1</sub>:** relación portadora / productos de modulación cruzada del amplificador 1.
- C/XM<sub>2</sub>:** relación portadora / productos de modulación cruzada del am`plificador 2.

**C/XM<sub>n</sub>:** relación portadora / productos de modulación cruzada del amplificador n.

Al igual que en el caso de C/N, para calcular los parámetros en el punto terminal de línea, se calculan primero por separado en cada amplificador y seguidamente se combinan como muestra la anterior fórmula.

Las variaciones de la carga de canales en el sistema afecta a la relación C/XM de la siguiente manera:

$$\Delta\left(\frac{C}{XM}\right) = 20\text{LOG} \frac{N_1 - 1}{N_2 - 1} \text{ (dB)}$$

donde:

**N<sub>1</sub>:** número de canales inicial.

**N<sub>2</sub>:** número de canales final.

**D(C/XM):** variación de la relación C/XM debida a la variación de la carga de canales.

Las variaciones en la carga de canales no afecta a la relación C/N, solamente a la distorsión.

### *CÁLCULO DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACIÓN DE TRIPLE BATIDO*

En general, los productos de intermodulación de triple batido para un amplificador se calculan mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{CTB = CTB_o + 2[OP - REF]}$$

donde:

- CTB<sub>o</sub>:** Productos de intermodulación de triple batido según especificaciones.
- OP:** Nivel de señal de salida en amplificador.
- REF:** Niveles de salida según especificaciones (dBm).

La relación C/CTB al final de una cascada de amplificadores viene expresada mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{C/CTB = -20 \times LOG \left[ 10^{-C/CTB_1/20} + 10^{-C/CTB_2/20} + \dots + 10^{-C/CTB_n/20} \right]}$$

donde:

- C/CTB:** relación portadora / productos de intermodulación de triple batido en el punto terminal de línea.

**C/CTB<sub>1</sub>**: relación portadora / productos de intermodulación de triple batido del amplificador 1.

**C/CTB<sub>2</sub>**: relación portadora / productos de intermodulación de triple batido del amplificador 2.

**C/CTB<sub>n</sub>**: relación portadora / productos de intermodulación de triple batido a la salida de la cascada de amplificadores extensión de línea.

Al igual que en los casos de C/N y C/XM, el cálculo de la relación C/CTB al final de una cascada múltiple se realiza mediante la anterior fórmula.

Las variaciones de la carga de canales en el sistema afecta a la relación C/CTB de la siguiente manera:

$$\Delta\left(\frac{C}{CTB}\right) = 20\text{LOG} \frac{N_1 - 1}{N_2 - 1} \text{ (dB)}$$

donde:

**N<sub>1</sub>**: número de canales inicial.

**N<sub>2</sub>**: número de canales final.

**D(C/CTB)**: variación de la relación C/CTB debida a la variación de la carga de canales.

Como se puede observar  $D(C/XM)$  es siempre igual a  $D(C/CTB)$ .

### *CÁLCULO DE PRODUCTOS DE INTERMODULACIÓN DE SEGUNDO ORDEN*

En general, los productos de intermodulación de segundo orden para un amplificador se calculan mediante la siguiente expresión:

$$2_{nd} = 2_{ndO} + [OP - REF]$$

donde:

- 2<sub>ndO</sub>:** Productos de intermodulación de segundo orden según especificaciones.
- OP:** Nivel de señal de salida en amplificador.
- REF:** Niveles de salida según especificaciones (dBm).

La relación  $C/2nd$  al final de una cascada de viene expresada mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{C}{2_{nd}} = -10 \times \text{LOG} \left[ 10^{-\frac{C/2nd_1}{10}} + 10^{-\frac{C/2nd_2}{10}} + \dots + 10^{-\frac{C/2nd_n}{10}} \right]$$

donde:

$C/2_{nd}$ : relación portadora / productos de intermodulación de segundo orden en el punto terminal de línea.

$C/2_{nd1}$ : relación portadora / productos de intermodulación de segundo orden del amplificador 1.

$C/2_{nd2}$ : relación portadora / productos de intermodulación de segundo orden del amplificador 2.

$C/2_{ndn}$ : relación portadora / productos de intermodulación de segundo orden del amplificador n.

De todas las distorsiones de segundo orden la más importante en redes CATV es la **CSO (Composite Second Order)** que consiste en batidos aditivos y de diferencia de dos frecuencias fundamentales agrupadas a los 0,75 y 1,25 Mhz por encima y por debajo de la frecuencia de la portadora de vídeo.

#### *CÁLCULO DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACIÓN DE TERCER ORDEN (DOS PORTADORAS)*

La relación  $C/3rd$  al final de una cascada de viene expresada mediante la siguiente fórmula:

$$C/3rd = -20 \times \text{LOG} \left[ 10^{-C/3rd_1/20} + 10^{-C/3rd_2/20} + \dots + 10^{-C/3rd_n/20} \right]$$

donde:

- $C/3_{rd}$ : relación portadora / productos de intermodulación de tercer orden en el punto terminal de línea.
- $C/3_{rd1}$ : relación portadora / productos de intermodulación de tercer orden del amplificador 1.
- $C/3_{rd2}$ : relación portadora / productos de intermodulación de tercer orden del amplificador 2.
- $C/3_{rdn}$ : relación portadora / productos de intermodulación de tercer orden del amplificador n.

- **Determinación del tipo de derivadores**

En función del número de hogares a alimentar desde un punto se escogerán derivadores (taps) de dos, cuatro u ocho salidas. Habrá que asegurar que las pérdidas del derivador no impidan que la señal llegue con suficiente nivel a la toma de usuario. En función del servicio que se vaya a ofrecer se instalarán derivadores sin paso de corriente de alimentación, derivadores con paso de corriente de alimentación (para la telealimentación de terminales telefónicos de abonado), derivadores con regleta de pares (para conexionado de cable de pares de hilos de telefonía).

- **Alimentación de los amplificadores**

El funcionamiento de los amplificadores requiere el suministro de energía eléctrica, por lo que será necesario prever los dispositivos de alimentación oportunos. Cada fuente de alimentación instalada en la red podrá suministrar corriente a varios elementos activos. El número de fuentes necesario dependerá del consumo de los elementos activos que se instalen en la red.

Para aumentar la disponibilidad de la red se dotarán las fuentes con sistema de reserva o back- up que consiste en un grupo de baterías con el tiempo de autonomía deseado, un conversor corriente continua - corriente alterna y el correspondiente conmutador automático.

Otro factor a tener en cuenta es la modulación "hum" que se produce cuando armónicos de la frecuencia de línea (50 Hz) se mezclan con las portadoras de vídeo. Si la relación entre la portadora y la modulación "hum" es menor que 32 dB aparecerán bandas móviles en la imagen del televisor. Para evitar este fenómeno deberán utilizarse buenos rectificadores y filtrarse adecuadamente la frecuencia de línea.

### **3.3.2.2 Red Troncal de Fibra Óptica**

Para proceder al cálculo del enlace de fibra óptica se han de conocer previamente los siguientes parámetros:

- Relación C/N que se desea al final del enlace de fibra óptica. Este parámetro se fijará de acuerdo con el valor de C/N que se desea en la toma de abonado.
- Número de canales que se desea transmitir.

Según los parámetros mencionados, se determina la atenuación máxima permitida en el enlace. Esta atenuación máxima limitará la atenuación total del enlace, que viene expresada mediante la siguiente fórmula:

$$AT = AT_{F.O.} \times L + n AT_C + (AT_{D1} + AT_{D2} + \dots) + AT_{AC1} + AT_{AC2} + \dots + TOL$$

donde:

**AT<sub>FO</sub>** : Atenuación de la fibra por unidad de longitud (db/km).

**L**: Longitud del enlace (km).

**AT<sub>C</sub>**: Atenuación introducida por cada conector final.

**n**: Número total de conectores a lo largo del enlace.

**AT<sub>Di</sub>**: Atenuación introducida por distribuidor i-ésimo.

**AT<sub>ACi</sub>**: Atenuación introducida por acoplador (ó soldadura) i-ésimo de fibra óptica.

**TO**: Tolerancia de diseño.

Despejando **L** en la fórmula se obtiene la longitud del enlace de fibra óptica que cumple con las especificaciones de calidad deseadas.

### 3.4 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas que deben cumplir los elementos que componen la red CATV vienen impuestas por la calidad de señal deseada en la toma de abonado. A partir de este parámetro se calculan las especificaciones técnicas de todos los elementos en

base a las degradaciones que sufre la señal a lo largo de todo el sistema, los servicios que se desean ofrecer, la tecnología utilizada, la arquitectura de red, etc.

### **3.4.1 Especificaciones Generales**

#### **3.4.1.1 Pendiente**

La pendiente en la red coaxial ha de ser consecuente con las recomendaciones del fabricante.

#### **3.4.1.2 Cascada de Amplificadores**

En la red coaxial, en el camino directo la cascada no debe exceder los dos amplificadores en cascada.

La cascada de amplificadores de retorno se determina en función de los requerimientos del sistema respecto de la relación portadora / ruido.

#### **3.4.1.3 Temperatura**

Todos los equipos deben cumplir las especificaciones (respuesta, ruido y distorsión) del fabricante en el margen de temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.4.1.4 Impedancia Característica**

La impedancia característica debe ser de  $75 \pm 2$  ohmios.

#### **3.4.1.5 Fuentes de Alimentación**

Las fuentes de alimentación del sistema deben suministrar 60 V / 50 HZ onda cuasicuadrada, y deben llevar un sistema de carga duplicado de un máximo del 80% y un mínimo del 50%. Las fuentes de alimentación deben estar debidamente instaladas con su correspondiente toma de tierra y sistemas de protección (diferencial, magnetotérmico,...).

#### **3.4.1.6 Respuesta del Sistema**

La respuesta del sistema debe ser superior o igual a la exigida por el Reglamento Técnico para la Prestación del Servicio de Telecomunicaciones por Cable (RTPSTC).

#### **3.4.1.7 Control Automático de Ganancia y Pendiente (AGC/ASC)**

En el caso de cascadas de más de dos amplificadores en una red coaxial, una de cada dos amplificadores debe llevar un sistema AGC / ASC, de manera que las variaciones del nivel de señal a su salida no superen los  $\pm 1.5$  dB respecto del valor nominal a la temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ . Las frecuencias piloto deben estar situadas lo más cerca posible de los extremos superior e inferior de la banda de paso del amplificador, y conforme a las recomendaciones del fabricante.

Como mínimo cada segundo amplificador de extensión de línea en cascada debe llevar un control térmico manual.

#### **3.4.1.8 Tramos de Fibra Óptica**

Los cables de fibra óptica deben ser instalados en segmentos de 2 a 2,5 km de longitud, con empalmes de alta precisión (0,05 dB de pérdidas como máximo), con el fin de minimizar las pérdidas ópticas desde la cabecera principal hasta los receptores ópticos.

#### **3.4.1.9 Protecciones en Sistemas de Fibra Óptica**

Una fibra abierta por rotura puede ocasionar lesiones en personas a causa de la potencia óptica de la señal. Con el fin de evitar esto, es conveniente que el sistema adopte una serie de medidas de protección:

- Protección contra rotura de la fibra óptica o pérdida del enlace, a través de la vía de retorno.
- Protección contra la desconexión de los conectores ópticos del transmisor óptico.
- Puesta en marcha del transmisor óptico sólo mediante una llave maestra.
- Control remoto de la puesta en marcha del láser.

#### **3.4.2 Especificaciones en Toma de Abonado**

El conjunto de especificaciones en la toma de abonado nos asegura el nivel de calidad de la señal. La evaluación de dicha calidad en la toma de usuario se puede determinar a través del juicio subjetivo de las señales recibidas en un televisor o bien midiendo las señales de referencia (señales de prueba inyectadas en la entrada de cabecera) en la toma de abonado.

En cualquier caso, la evaluación subjetiva de la calidad de imagen en la salida del sistema, debe estar basada en un ratio de calidad de acuerdo con la Recomendación 500 - 2 del CCIR, con un mínimo requisito de calidad de rango 4.

### 3.4.2.1 Niveles de Señal

Los niveles de señal del sistema en la toma de abonado deben permanecer dentro de los límites indicados en la *Tabla 1*, aunque estos valores dependen de las características de funcionamiento de los equipos que se vayan a conectar a la toma (televisor, decodificador, bypass, sintonizador,...):

Dentro de un mismo sistema el nivel de las señales portadoras de radio debe ser al menos 6 dB más bajo que el nivel de las señales portadoras de televisión.

SEÑAL	RANGO DE FRECUENCIA	NIVEL MIN.	NIVEL MAX.
TV	47 - 470 MHz	60 dB $\mu$ V	78 dB $\mu$ V
TV	470 - 860 MHz	62 dB $\mu$ V	80 dB $\mu$ V
Radio mono	88 - 108 MHz	44 dB $\mu$ V	60 dB $\mu$ V
Radio estéreo	88 - 108 MHz	54 dB $\mu$ V	70 dB $\mu$ V

**Tabla 1: Niveles de señal en la toma de abonado**

### 3.4.2.2 Estabilidad del Nivel de Señal

Las variaciones de nivel de señal en la toma de abonado no deben superar los  $\pm 2$  dB con respecto del valor nominal, y como consecuencia de las variaciones de la temperatura de  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  respecto del valor nominal de  $20^{\circ}\text{C}$ .

### 3.4.2.3 Diferencias de Niveles de Señal

La diferencia entre los niveles de señal dentro del sistema no debe exceder los siguientes valores:

- $\pm 4\text{dB}$ , para el ancho de banda completo
- $\pm 3\text{dB}$ , para cualquier segmento de 100 MHz.
- $\pm 2\text{dB}$ , para cualquier segmento de 2 canales.
- $\pm 2\text{dB}$ , para la banda completa de FM.

La diferencia entre el nivel de portadora de sonido de televisión y el nivel de portadora de vídeo debe estar entre 10dB y 16dB.

La diferencia de nivel entre dos portadoras de vídeo cualesquiera en la toma de abonado ha de ser menor que 12 dB.

### 3.4.2.4 Estabilidad y Precisión de las Portadoras

Los siguientes requisitos de estabilidad y precisión se aplicarán a las distintas portadoras del sistema:

- Precisión de portadora de vídeo:  $\pm 150\text{ KHz}$  .
- Estabilidad de portadora de vídeo:  $\pm 50\text{ KHz}$ .
- Variaciones de la diferencia de frecuencias entre portadora de vídeo y portadora de sonido:  $\pm 6\text{ KHz}$ .
- Precisión de portadora FM:  $\pm 15\text{ KHz}$ .

- Estabilidad de portadora FM:  $\pm 10$  KHz.

#### 3.4.2.5 Relación Portadora / Ruido (C/N)

La relación portadora / ruido para las señales de televisión viene definida como la relación entre el valor máximo de la portadora de vídeo (sin señal de sincronismo) y el valor efectivo del nivel de ruido. La potencia de ruido será, de acuerdo con la Recomendación 567-2 del CCIR, para un ancho de banda de vídeo de 5 MHz.

La relación portadora / ruido para señales de Radio FM viene definida como la relación de señal de audio a 1000 Hz, con una modulación de referencia de 40 KHz, y el nivel efectivo de ruido. La potencia de ruido será acorde a la Recomendación 468-3 del CCIR.

La relación requerida (C/N) será:

- 46 dB mínimo, para portadoras de vídeo, en señales de prueba.
- 57 dB mínimo, para FM estéreo, en señales de prueba.

Todo ello a temperatura nominal de diseño. No debe degradarse más de 15 dB para un incremento de temperatura de 10°C.

#### 3.4.2.6 Niveles de Distorsión

- ***Productos de modulación cruzada:***

La relación entre la portadora y los productos de modulación cruzada (C/XM), para un sistema a plena carga operando a niveles normales de amplificador, con modulación sincronizada de onda cuadrada, no debe ser inferior a 54 dB dentro de cada canal, cuando se mida con señales de prueba, ni debe deteriorarse más de 2 dB para una variación de 10°C respecto de la temperatura de diseño.

- ***Productos de intermodulación de triple batido:***

La relación entre la portadora y los productos de intermodulación de triple batido (C/CTB), para un sistema a plena carga, no debe ser inferior a 54 dB para cualquier portadora, cuando se mida con señales de prueba, ni debe deteriorarse más de 2 dB para una variación de 10°C respecto de la temperatura nominal.

- ***Productos de intermodulación de segundo orden***

La relación entre la portadora y los productos de intermodulación de segundo orden (C/2nd), con pleno rendimiento de los canales del sistema, no debe ser inferior a 54 dB para cualquier portadora de vídeo, cuando se mida con señales de prueba a la temperatura nominal de diseño, ni debe deteriorarse más de 1 dB para una variación de temperatura de 10°C.

#### **3.4.2.7 Interferencia de Frecuencia Única**

La relación entre la portadora y cualquier señal de interferencia de única frecuencia no ha de ser menor que los requisitos mínimos de la "Curva de Protección" de la Recomendación de CCIR para los sistemas PAL B/G.

#### **3.4.2.8 Señales Espúreas**

Todas las señales espúreas, independientemente de su origen, que aparezcan en la banda activa del sistema y no tratadas en ninguno de los apartados de estas especificaciones, deben estar 60 dB ó más por debajo del nivel de la portadora de vídeo anterior en ese punto del sistema.

#### **3.4.2.9 Modulación HUM**

La relación entre la portadora y los productos de modulación HUM (C/HUM) no debe ser inferior a 47 dB. Los productos de modulación HUM incluirán todos los armónicos de ruido hasta 1 KHz.

#### **3.4.2.10 Retardo de Grupo de Crominancia y Luminancia**

El retardo de grupo de Crominancia y Luminancia no debe exceder los  $\pm 150$  ns como máximo, con señal TV de prueba medida en la toma de abonado.

#### **3.4.2.11 Ganancia Diferencial**

La ganancia diferencial de la señal del sistema de TV no debe exceder el 10%.

#### **3.4.2.12 Fase Diferencial**

La fase diferencial de la señal del sistema de TV no debe exceder los 12°.

### **3.4.2.13 Tasa de Eco**

La tasa de eco del sistema, para todos los canales receptores o transmisores, no debe exceder el 7%.

### **3.4.2.14 Respuesta en Frecuencia del Canal**

La respuesta plana de frecuencia dentro del ancho de banda de cada canal no debe ser mayor que  $\pm 1.5$  dB, suponiendo que no haya cambios de más de  $\pm 0.75$  dB por cada segmento de 0.75 MHz.

### **3.4.2.15 Aislamiento entre Abonados**

El aislamiento entre dos puertos cualesquiera en un derivador de abonado no debe ser menor que 40 dB.

El aislamiento entre el puerto de salida en un derivador de abonado y cualquier derivador no debe ser menor que 18 dB.

El aislamiento entre dos tomas de abonado del sistema (aislamiento entre abonados) no debe ser menor que 40 dB.

Sin embargo, se pueden usar otros valores de aislamiento entre abonados, suponiendo que el equipo de abonado no esté expuesto a interferencias de osciladores locales de cualquier clase. En cualquier caso, se deben tener en cuenta estos parámetros

a la hora de diseñar la red de distribución del abonado, para determinar el valor adecuado de aislamiento entre abonados.

#### **3.4.2.16 Radiación Electromagnética**

El sistema debe mantener un alto apantallamiento contra RF en toda su red. La potencia máxima radiada por el sistema, medido con una antena de prueba del tipo dipolo en media onda, debe ser:

- $4 \times 10^{-9}$  w, para cada canal en banda.
- $1 \times 10^{-9}$  w, para cada frecuencia fuera de banda.

La potencia máxima del campo, medida a 10 metros de distancia del sistema, no debe exceder los 33 dB $\mu$ V/m.

#### **3.4.2.17 Calidad de la Señal FM**

Los requisitos adicionales para la calidad de la señal FM son:

- Diafonía Derecha / Izquierda: 28 dB mínimo
- Distorsión Armónica Total: - 35 dBo

### **3.4.3 Especificaciones para el Camino de Retorno**

#### **3.4.3.1 Respuesta del Sistema**

La respuesta en frecuencia del sistema de retorno no debe ser peor que

**$(N/10) + 1$  dB** (pico a valle),

siendo N el número de amplificadores de retorno en cascada.

### **3.4.3.2 Control Automático de Ganancia y Pendiente (AGC / ASC)**

Los niveles de entrada y salida de amplificadores repetidores deben ser controlados de forma que se prevengan mayores degradaciones de la relación portadora / ruido o de cualquier relación de los productos de distorsión que los mínimos especificados aquí.

En general, la banda de retorno en un sistema CATV es demasiado estrecha y baja en frecuencia, para necesitar el módulo AGC / ASC en el amplificador de retorno.

### **3.4.3.3 Relación Portadora de Vídeo / Ruido**

La relación portadora de vídeo / ruido en cualquier canal TV medida en el terminal de retorno no debe ser inferior a 47 dB a la temperatura de diseño, ni debe degradarse más de 2 dB con un incremento de la temperatura ambiente de 10°C.

### **3.4.3.4 Pérdidas de Retorno**

Todos los elementos activos y pasivos deben tener unas pérdidas de retorno mínimas de 18 dB en todos sus puertos y para la banda de 5 MHz hasta la frecuencia más alta.

### **3.4.3.5 Niveles de Distorsión**

- ***Productos de modulación cruzada:***

La relación portadora / productos de modulación cruzada (C/XM), para un sistema a plena carga operando a niveles normales de amplificador, con modulación sincronizada de onda cuadrada, no debe ser menor que 52 dB, ni debe deteriorarse más de 2 dB para una variación de 10°C respecto de la temperatura de diseño.

- ***Productos de intermodulación de segundo orden:***

La relación portadora / productos de intermodulación de segundo orden (C/2nd), para cualquier portadora de vídeo de retorno no debe ser menor que 66 dB, ni debe deteriorarse más de 1 dB para una variación de 10°C respecto de la temperatura de diseño.

#### **3.4.3.6 Señales Espúreas**

Todas las señales espúreas, independientemente de su origen, que aparezcan en la banda activa del sistema y no tratadas en ninguno de los apartados de estas especificaciones, deben estar 60 dB ó más por debajo del nivel de la portadora de vídeo anterior en ese punto del sistema.

#### **3.4.3.7 Modulación HUM**

La relación entre la portadora y los productos de modulación HUM (C/HUM) no debe ser inferior a 47 dB. Los productos de modulación HUM incluirán todos los armónicos de ruido hasta 1 KHz.

#### **3.4.3.8 Eco y Doble Imagen**

Ecos y dobles imágenes en vídeo o zumbido debido a algún componente del sistema en algún punto del sistema no debe ser perceptible en un televisor estándar.

### **3.4.3.9 Respuesta en Frecuencia del Canal**

La respuesta plana de frecuencia dentro del ancho de banda de cada canal no debe ser mayor que  $\pm 1.5$  dB, suponiendo que no haya cambios de más de  $\pm 0.75$  dB por cada segmento de 0.75 MHz.

### **3.4.3.10 Requerimientos de Nivel de Entrada del Sistema**

El sistema debe ser diseñado para admitir niveles de entrada de portadoras de vídeo de 20 dBmV máximo por canal TV.

El nivel de las portadoras de audio deben ser  $15 \pm 2$  dB menor que el de las portadoras de vídeo.

## **3.5 Aspectos de Calidad**

El proceso de control de calidad debe incluir pruebas individuales para asegurar que la red y todos sus componentes cumplen las especificaciones detalladas en el apartado anterior y los estándares estipulados por las organismos reguladoras pertinentes:

- **Selección de equipos.** Se establece un procedimiento riguroso de selección de equipos que asegure que todos los equipos adquiridos cumplen estrictamente las especificaciones.
- **Aprobación de equipos.** Antes de instalarlos en la red, se prueban los equipos para verificar que sus prestaciones cumplen con las especificaciones estipuladas.
- **Construcción de la red.** Una supervisión continua de la construcción de la red garantiza que todos los equipos están correctamente instalados.
- **Activación de la red.** Una vez concluida cada una de las secciones de la red, se llevan a cabo pruebas exhaustivas para asegurar que el sistema integrado funciona según lo previsto.
- **Seguimiento de las operaciones.** Se lleva a cabo un seguimiento continuo automatizado de todos los componentes críticos del sistema. Además, se realizan pruebas manuales periódicas.
- **Mantenimiento mecánico.** Se establece un programa continuo de inspección visual para asegurar que todos los elementos de la red están en perfectas condiciones mecánicas.

En la toma de abonado la señal debe presentar unos valores de calidad por encima de las exigidas en las normativas, es decir:

- **C/N <sup>3</sup> 46 dB**
- **CTB  $\xi$  -54 dB**
- **XM  $\xi$  -54 dB**

- **CSO  $\leq$  -54 dB**

## **4. INFRAESTRUCTURA DE RED**

En el presente capítulo se va abordar los aspectos más importantes para realizar la infraestructura de la red.

### **4.1 Infraestructura Civil**

Los procedimientos de construcción de la infraestructura civil se deben someter a las ordenanzas municipales vigentes en la ciudad de Sevilla, y su diseño buscará en cada caso minimizar al máximo el impacto medioambiental.

Por esta razón se utilizarán, en la medida de lo posible, canalizaciones existentes, una vez formalizados los acuerdos con los propietarios para el uso de las mismas. En el resto de los casos, se realizará una construcción rápida y limpia que minimice el impacto en la ciudad. Para ello, se proponen métodos de construcción e instalación, como la utilización de máquina zanjadora o la utilización de “topo, complementados con procedimientos de control de obra, registro informatizado de canalizaciones, un plan de impacto medioambiental y de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Todas las infraestructuras se construirán teniendo en cuenta las posibles modificaciones y ampliaciones futuras de la red, con la consiguiente reducción de molestias a la ciudad y sus habitantes, evitando la realización de nuevas obras.

Un importante esfuerzo en inversiones destinadas a la red de canalizaciones evita cualquier tipo de paso aéreo entre edificios y proporciona el grado de fiabilidad a las instalaciones de la red.

La infraestructura de la red se realizará de forma canalizada desde la cabecera de red hasta pie de manzana. En los edificios que dispongan de infraestructuras interiores, como galerías de servicio o verticales de instalaciones, con tubos vacantes, la instalación se realizará por el interior, mientras que en los edificios que no dispongan de dichas

infraestructuras, la instalación se realizará preferentemente por patios interiores, y si no existieran, se realizará mediante cableado en fachada.

Cuando se ejecuten las obras de infraestructura civil, se replanteará sobre el terreno el emplazamiento de las canalizaciones y arquetas de acuerdo con lo indicado en los planos de la obra y junto con los obtenidos en los distintos organismos municipales (Tráfico, Alumbrado Público, ...) o privados (Telefonía, Aguas, Gas, Energía Eléctrica, Alcantarillado, ...), debiéndose detectar la posible existencia de impedimentos para la construcción de la canalización o de alguno de sus elementos en los lugares previstos y que no se hayan detectado en el replanteo base.

Se utilizarán equipos de detección de conducciones y líneas enterradas para investigar la posible existencia y situación de otros servicios y se podrán aplicar métodos geotécnicos para conocer la naturaleza del terreno.

Si se considerase totalmente necesario, al no conocer con exactitud la existencia o no de otras canalizaciones o servicios subterráneos, se realizarán calas de prueba para asegurarse en lo posible de que la construcción puede hacerse de acuerdo con lo indicado en los planos y evitar innecesarias excavaciones.

Se realizará el trazado de canalización subterránea siguiendo el orden de prioridades siguiente:

- 1.- Calzada.
- 2.- Calzada en zona de aparcamientos.
- 3.- Acerado de Tierra.
- 4.- Acerado de baldosa común.
- 5.- Acerado de baldosa decorativa.

Todos los elementos susceptibles de ser reutilizados en la reposición del pavimento serán retirados de manera cuidadosa para evitar su deterioro, almacenándose correctamente y repuestos a la mayor brevedad.

Toda excavación que se realice deberá ser cerrada en el mismo día, minimizando el impacto de las obras sobre la ciudad y sus habitantes.

Para la construcción de la infraestructura subterránea se proponen dos métodos de ejecución:

- Mediante máquina zanjadora, donde las condiciones de calzada y las normas municipales así lo permitan (*Figura 1 derecha*).
- Mediante retroexcavadora o manual, en el resto de los casos (*Figura 1 Izquierda*).

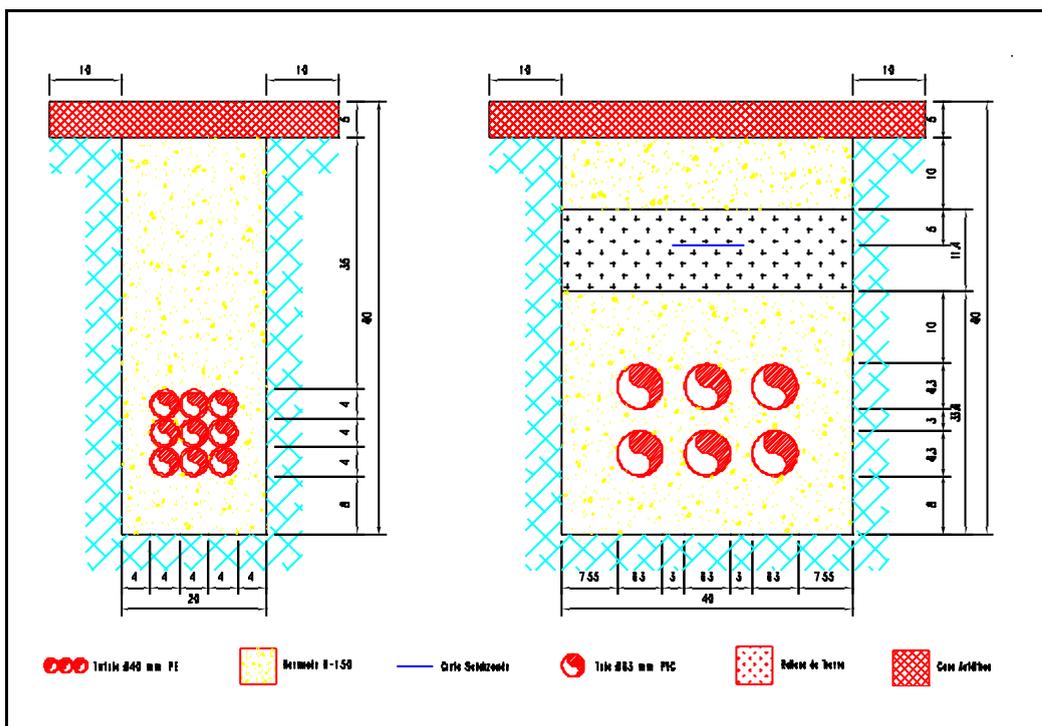


Figura 1

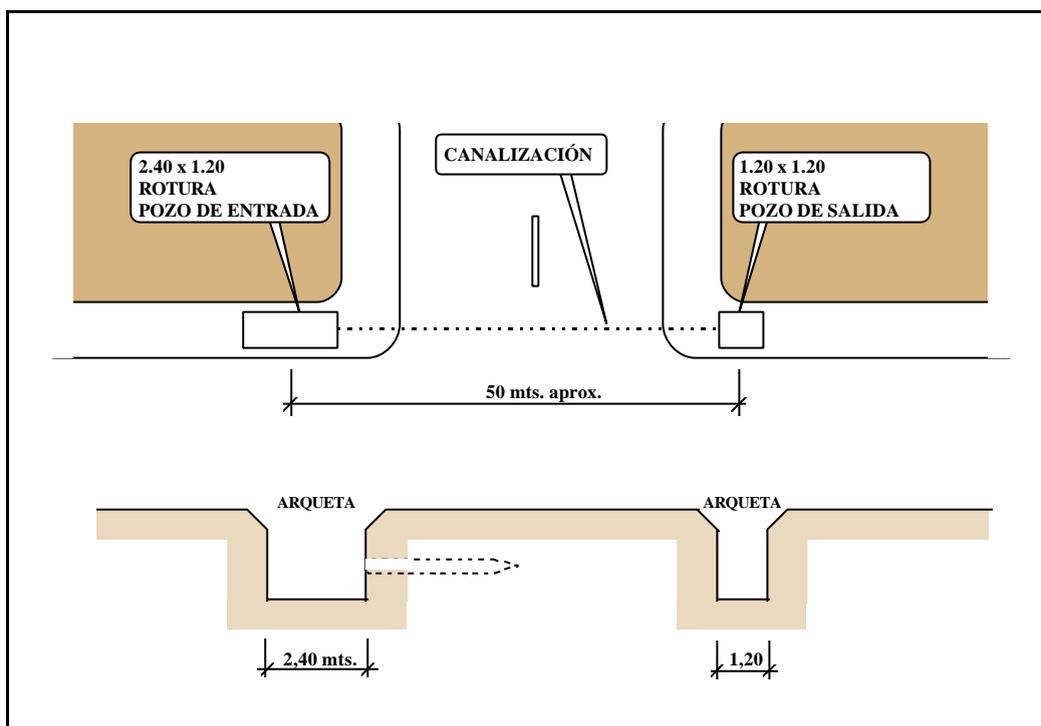
La construcción de la infraestructura subterránea con máquina zanjadora se realizará mediante una red de canalización de 20 cm. de anchura y 60 cm. de profundidad, hormigonada en toda su sección con hormigón H-150, dentro de la cual se instalará el prisma de tubos de PVC o polietileno de alta densidad, tanto en forma de monotubo como en forma de tritubos de dimensiones 40 mm de diámetro, terminada con el mismo tipo de recubrimiento superficial igual al existente (asfalto, tierra, hormigón, etc.). Todos los tubos tendrán instalado un hilo guía y estarán obturados.

El recorrido irá preferentemente por calzada, con sentido paralelo al acerado, colocándose **arquetas** cada 50 mts de distancia media y en cada cruce de calles o cambio de dirección en el recorrido. La ubicación de las arquetas se realizará sobre el acerado, con dimensiones de 80 cm de longitud por 60 cm de anchura y 80 cm de profundidad realizada "in situ", con hormigón en masa H-150, o prefabricadas, con fondo provisto de drenaje, con cerco en angular de acero y tapas de fundición gris.

Se ejecutarán **arquetas especiales** en los puntos donde se ubiquen los elementos de interconexión ópticos de dimensiones 100 cm de longitud por 80 cm de anchura y 100 cm de profundidad. Las tapas serán de tipo reforzado en aquellas arquetas situadas sobre calzada, aparcamiento o donde exista tráfico rodado. Las tapas y marcos serán realizadas siguiendo las directrices de la norma UNE 41-300-87 y norma europea EN 124, sobre dispositivos de cubrición y cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos.

En el centro histórico de la ciudad y donde no sea posible ejecutar las obras mediante zanjadora se realizarán las canalizaciones de forma manual o mecánica mediante retroexcavadora con dimensiones de 40 cm de anchura y 60 cm de profundidad, hormigonándose hasta 10 cm por encima del prisma de conductos con hormigón H-150. El prisma se construirá con tubos de PVC o polietileno de alta densidad, tanto en forma de monotubo con soportes distanciadores como en forma de tritubos de dimensiones 63 ó 40 mm de diámetro. En todos los casos la reposición se efectuará con el mismo material que el existente en calzada y acerados.

En cuanto a la existencia de puentes, vías de tren, avenidas especialmente conflictivas, etc., se estudiará en cada caso el sistema constructivo más adecuado, barajándose entre las posibilidades a utilizar el de construcción de canalizaciones mediante “**TOPO**” por el procedimiento de “hinca-tubo” o por el procedimiento de compactación mediante chorro de agua (*Figura 2*), o construcción de canalización bajo el tablero de los puentes. Se elegirá en cada caso la solución más idónea, siempre con la correspondiente aprobación del Área de Urbanismo del Ayuntamiento.



**Figura 2**

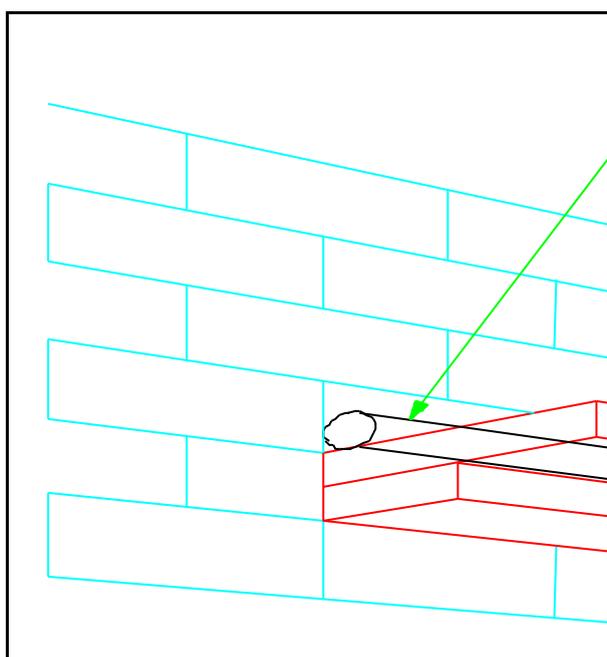
#### 4.1.1 Instalaciones

La instalación de los equipos de red se realizará en armarios de intemperie sobre basamentos situados sobre acerado. La situación y sistema constructivo será estudiado en profundidad en cada caso para mantener al máximo el entorno arquitectónico y reducir el impacto medioambiental, así como no molestar al libre tránsito de los ciudadanos.

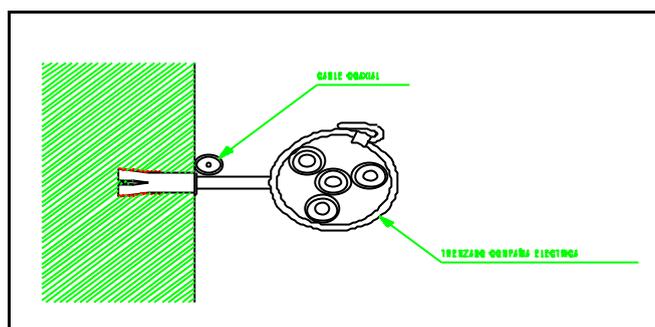
La instalación del cable se realizará, desde la cabecera de red hasta pie de manzana, a través de la infraestructura civil existente o construida a tal efecto.

Una vez llegado a pie de manzana, se realizará la acometida al edificio según el contenido de infraestructuras existentes. Si el edificio posee infraestructuras interiores vacantes, se realizará la acometida a través de canalización directamente a planta sótano o garaje, y si la instalación no pudiera hacerse de forma subterránea, se realizaría a través de un tubo de salida en fachada, de acero de 48 mm de diámetro y 3 mm de espesor, según norma UNE 20-324 (grado de protección contra golpes comprendido entre 7 y 9) y UNE 20-058 ap. 7.3 (protección contra la oxidación), y distanciados al menos 50 cm de la arista del edificio, donde se buscará el mejor punto de introducción en el edificio para buscar la subida de la infraestructura interior. Del mismo modo se actuará en el caso de instalación por patios interiores. En el caso de realizar la instalación por fachada, se seguirá el procedimiento descrito del tubo de salida en fachada.

La instalación de los equipos terminales de red se realizará en función del tipo de instalación de cable realizado. En los casos de instalación y tendido de cables en fachada, se realizará ésta aprovechando los voladizos o zócalos existentes en la ornamentación arquitectónica de los edificios, donde se mimetiza perfectamente la instalación, evitando el impacto visual de estos (*Figura 3*).



Otro procedimiento propuesto es la instalación y tendido de cable sobre el trenzado de las líneas eléctricas en fachada, fijándose el cable sobre la grapa de anclaje, reduciéndose de igual forma el impacto visual de estos (*Figura 4*).



**Figura 4**

Por último, la instalación de las verticales se realizará según el procedimiento utilizado para la instalación que corresponda a cada edificio. En el caso de infraestructuras interiores vacantes, se analizará en cada caso las diferentes opciones planteadas en función de la disponibilidad de dichas infraestructuras hasta llegar al hogar del abonado. En los casos de instalaciones por patios interiores o fachada, se procederá a la instalación de un mazo de verticales adosado a un cable fiador, fijado a la primera y última planta, con tensor, donde se le intercalarán fijaciones intermedias cada 4 plantas. El mazo llevará a la altura de cada planta un bucle de cable, fácilmente accesible desde la vivienda, que servirá para proceder a la interconexión con la instalación interior, una vez que el abonado se suscriba al servicio.

#### **4.1.2 Separación con Otros Servicios**

Tanto desde el punto de vista de seguridad a la hora de la instalación y el mantenimiento, como desde el punto de vista de interferencias electromagnéticas es conveniente seguir las siguientes recomendaciones además de las Normativas vigentes:

- Paralelismos con líneas de energía.
  - Si la línea de energía es de conductores desnudos, la distancia mínima será de 1 m.
  - Si la línea de energía es de conductores aislados, se mantendrá una distancia mínima de 0,25 m, aunque siempre que sea posible se mantendrán 0,5 m.
  - Si las instalaciones son subterráneas, se mantendrá una separación de 20 cm.
  
- Cruces con líneas de energía.
  - Si la línea de energía es de conductores desnudos, se mantendrá una distancia entre conductores de 1 m.
  - Si la línea de energía es de conductores aislados, la distancia será de 0,5 m.
  - En caso de instalaciones subterráneas:
    - Si la línea de energía es de Alta Tensión, la distancia entre prismas será de 25 cm.
    - Si la línea de energía es de Baja Tensión, la distancia mínima será de 20 cm.

## 4.2 Infraestructura Eléctrica

Para garantizar la continuidad y seguridad del suministro eléctrico será necesario diseñar la infraestructura eléctrica teniendo en cuenta sus tres factores fundamentales:

- Elección de las protecciones y puesta a tierra de las instalaciones, para garantizar la seguridad de los operarios, usuarios y transeúntes.
- Elección del sistema de alimentación ininterrumpida.
- Elección de la ubicación óptima del sistema de alimentación ininterrumpida de red.
- Elección de las protecciones de los equipos.

## **4.2.1 Descripción de la Alimentación Eléctrica**

### **4.2.1.1 Red**

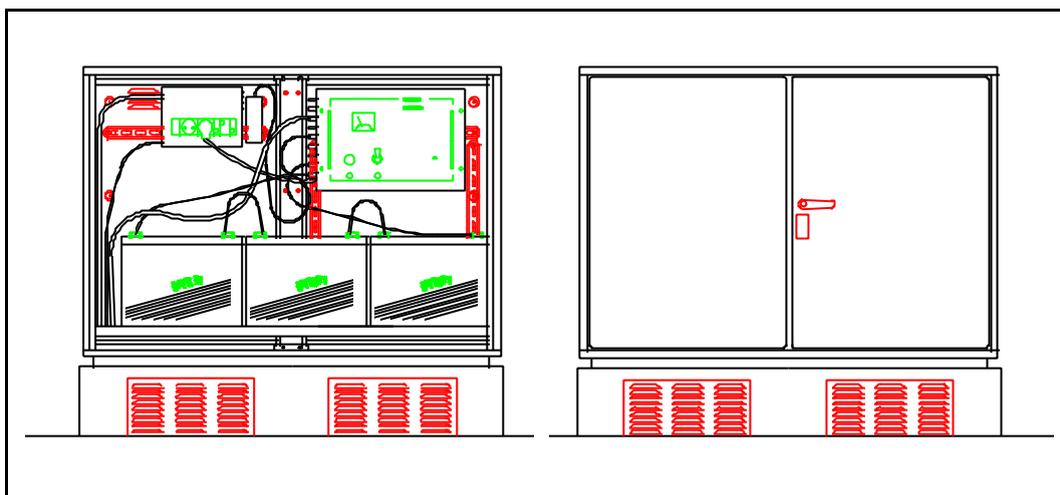
Para realizar la alimentación de la red de comunicaciones se instalarán una serie de fuentes de alimentación, con tensión de salida de 60 V con forma de onda cuadrada a 50 Hz y una intensidad máxima de salida 15 A.

La acometida se realizará trifásica, de este modo aunque la instalación requiera suministro monofásico, si por cualquier razón fallara el suministro de la fase activa, tan sólo sería necesario cambiar en la caja general de protección y medida la alimentación por alguna de las otras dos fases.

Desde estas fuentes de alimentación se telealimentarán todos los equipos activos de la red a través del propio cable coaxial y el cable de pares telefónico. Estas fuentes de alimentación se instalarán dentro de unos armarios intemperie sobre basamentos situados sobre acerado, o, en el caso de alcanzar un acuerdo con la Compañía Sevillana

de Electricidad, se instalarían adosados (o en el interior) de los correspondientes centros de transformación.

En la *Figura 5* se representa el esquema constructivo del armario de la fuente de alimentación.



**Figura 5**

Las fuentes de alimentación estarán equipadas de unas baterías que garantizarán la continuidad del suministro eléctrico con una autonomía de más de cuatro horas.

Se incluye un sistema de supervisión, que reflejará en cada momento el estado de la fuente de alimentación y del sistema de respaldo.

En cuanto a la protección y seguridad, se conectarán los circuitos de masa y neutro a tierra, realizándose la protección contra contactos indirectos mediante los dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales). La instalación interior se compondrá de un interruptor diferencial bipolar de 25 Amperios y sensibilidad 300 mA, y de un interruptor magnetotérmico de 20 A. (Figura 6).

Desde el centro de control de red se monitoriza el estado de cada fuente de

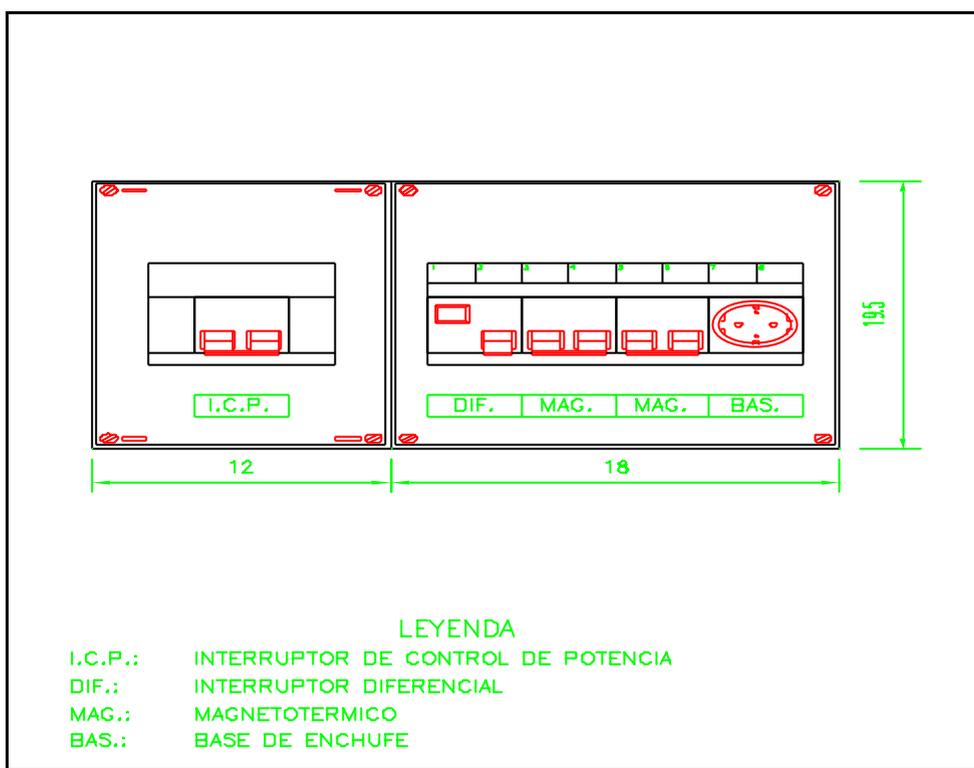


Figura 6

alimentación, detectándose inmediatamente el arranque de las baterías por falta de suministro eléctrico.

## **4.2.2 Protección Integral Contra Rayos y Sobretensiones**

La necesidad de una protección integral contra rayos y sobretensiones se fundamenta, en primer lugar, en aportar seguridad a las personas y en segundo lugar, en proteger las instalaciones y equipos por su valor económico, por la importancia de la función que desempeñan o por las dificultades y el coste que supone la eventual sustitución o reparación de los mismos.

La filosofía básica de protección consiste no sólo en tener capacidad de captar y derivar la corriente del rayo a tierra, sino en evitar cualquier diferencia de potencial que pudiera producirse entre los distintos elementos metálicos de la instalación en el momento de producirse la descarga y que pudiera tener graves consecuencias tanto para las personas como para la instalación.

Un sistema de protección integral no sólo debe proteger frente a sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, sino también frente a sobretensiones originadas por conmutaciones de redes de alta tensión, conexión y desconexión de grandes cargas, etc. Las medidas y dispositivos de protección cumplen las normas nacionales e internacionales aplicables en España, como son: VDE 0185, IEC 1.024-1 y UNE 21.185.

### **4.2.2.1 Protección Contra Sobretensiones**

Dispositivo de protección de descargador de gas contra sobretensiones para cables coaxiales y equipos, para limitar las corrientes y tensiones inducidas en los recorridos de los cables coaxiales.

### **4.2.3 Toma de Tierra**

Tanto en cabecera de red, nodo primario y red, se instalará un sistema de puesta a tierra que garantizará la protección contra tensiones peligrosas en caso de contactos indirectos.

La instalación de toma de tierra se realizará mediante la instalación de electrodos de barras de acero cobreado de 14 mm de diámetro hasta alcanzar un valor de resistencia de tierra  $\leq 10 \Omega$ . La línea de enlace se ejecutará con conductores de sección no inferior a 35 mm<sup>2</sup> y la línea principal de tierra con conductores de sección no inferior a 16 mm<sup>2</sup>.

## **4.3 Infraestructuras de Terceros y Derechos de Paso**

Con objeto de minimizar las molestias que se puedan causar al ciudadano como resultado de las actuaciones en la vía pública, se procurará alcanzar acuerdos de utilización conjunta de infraestructuras con las empresas de servicios de la ciudad de Sevilla.

### **4.3.1 Previsión de Derechos de Paso**

#### **4.3.1.1 Ayuntamiento**

Antes de iniciar la construcción de la red se acordará con el Ayuntamiento el procedimiento para obtener los permisos de ocupación de vía pública. Generalmente el procedimiento que se sigue es el siguiente:

- Entrega al Ayuntamiento de la planificación anual-semestral.
- Entrega al Ayuntamiento de los planos de obra civil e instalaciones de la siguiente zona de actuación (zona de 8.000 hogares).

- Plan de actuación mensual y semanal. Este plan incluye las calles en las que se va a realizar obra civil o instalaciones.
- Comunicación diaria de la zona de actuación.

#### **4.3.1.2 Organismos Oficiales**

Dependiendo del diseño de la red y de los organismos oficiales afectados (MOPTMA, Diputación, etc.) se seguirán los procedimientos para la obtención de los derechos de paso que cada organismo estipule.

#### **4.3.1.3 Comunidades de Propietarios y Particulares**

El responsable de la consecución de permisos designará el personal encargado de cada una de las zonas de construcción. Para esta elección se tendrá en cuenta que:

- Las barriadas, asociaciones de vecinos o grupos de edificios con algún órgano de coordinación o decisión han de ser gestionados por el mismo equipo de personas.
- El equipo lo formarán al menos dos personas. Independientemente de que las gestiones sean realizadas por separado por cada uno de los miembros del grupo, cada uno de éstos ha de estar al corriente del resultado de las gestiones realizadas por todos y cada uno de los demás miembros.

#### **4.3.2 Infraestructura de Terceros**

Las posibilidades de acuerdo de conjunto de utilización de canalizaciones existentes o nuevas de diversas empresas de servicios suponen, además del correspondiente ahorro de inversiones, la reducción de forma considerable de las molestias que se causan al ciudadano y del impacto medioambiental ocasionado.

## 5. CRITERIOS DE DISEÑO

En el presente capítulo se detallan los criterios de diseño adoptados en el proceso de ingeniería de diseño de una Red de Televisión por Cable. Se han desglosado en los apartados DISEÑO DE RF y DISEÑO DE OBRA CIVIL con el fin de abordar las soluciones adoptadas en cada uno de dichos diseños.

### 5.1 Diseño de RF

La red coaxial parte de cada Nodo Óptico Terminal (NOT) y da servicio a su correspondiente zona de 500 hogares aproximadamente. Los elementos que la componen son:

- receptor óptico (uno por cada área de 500 hogares)
- amplificadores de distribución, amplificadores de línea (Line Extender).
- cables (1/2" y RG-11)
- taps (de interior y exterior, de 2, 4 y 8 puertos) (Derivadores)
- splitters (balanceados y no balanceados, de 2 ó 3 salidas) (Repartidores).
- acopladores direccionales
- ecualizadores de línea
- fuente de alimentación

El diseño parte de los datos de replanteo de la zona donde se especifica el número de plantas por edificio, el número de hogares por planta, las posibles ubicaciones de los

taps, los accesos más adecuados a los edificios, y otras peculiaridades que conviene tener en cuenta a la hora del diseño. También se suele acompañar de fotografías de todas las fachadas de la zona para facilitar las decisiones del ingeniero de diseño en relación al trazado del cableado y ubicación de equipos.

Los datos de replanteo se limitarán a la planta exterior. En esta primera fase no se entrará en los edificios para recoger datos referente a la distribución por interior.

Como regla general, se buscará la optimización del diseño minimizando el número de elementos sin degradar la señal por debajo de los límites establecidos. La minimización del número de elementos tendrá como consideración principal la reducción de costes de equipamiento, instalación y mantenimiento, sin descuidar las consideraciones del apartado de obra civil. En ocasiones la consideración principal se alcanza sustituyendo algún elemento más caro por varios más económicos.

### **5.1.1 Topología**

La primera fase consiste en dividir el área que se va a diseñar en zonas de aproximadamente 500 hogares, si previamente no se ha realizado dicha división para el diseño de fibra óptica. Los locales comerciales no serán considerados como hogares, ya que la penetración esperada es del 35%, luego aquellos locales que quieran tener acceso a la red lo podrán hacer a través de los puertos libres de los taps. A cada una de estas zonas de 500 hogares le dará servicio un NOT. Se intentará que los edificios que formen las zonas de 500 estén lo más próximos posible, para acortar las longitudes de los cables. Se procurará que hogares de un mismo edificio no pertenezcan a zonas de 500 distintas. También se evitará en lo posible que alguna avenida grande atraviese el área de 500 hogares, con el fin de evitar en lo posible tener que cruzar la avenida con la red coaxial.

Las zonas de 500 hogares se dividirán a su vez en áreas aproximadas de 125 hogares. En cada una de estas áreas de 125 habrá un amplificador que suministrará la

potencia necesaria para llegar a la casa del abonado (en el caso excepcional de que la potencia suministrada por un único amplificador no sea suficiente, sólo se podrá poner un amplificador adicional en cascada). Se intentará que los hogares que formen las áreas de 125 estén lo más próximos posible.

### **5.1.2 Amplificadores**

A continuación se procederá a la posible ubicación de los amplificadores. Éstos se situarán en el punto que optimice el acceso a los diferentes edificios y manzanas, y reduzca al máximo el equipamiento y cableado necesario. Esta optimización está limitada por las consideraciones del apartado de obra civil.

Los amplificadores pueden colocarse tanto en armarios a la intemperie como en las fachadas de los edificios. Se deberá evitar en lo posible la ubicación de amplificadores en el interior de edificios, con el fin de no condicionar el mantenimiento y la construcción de la red al permiso de acceso al edificio.

El NOT siempre estará instalado junto a uno de los amplificadores de su zona en un armario a la intemperie, salvo excepciones justificadas. Para ello, se escogerá el amplificador que esté a menos distancia de los otros tres, para que la telealimentación que parte inicialmente del NOT recorra la menor distancia posible. Dicho amplificador se instalará dentro del armario del NOT.

La siguiente fase se centra en el diseño de la red de distribución coaxial. Esta red abarca desde el NOT hasta el tap final de línea. El diseño no detalla la red de acometida del edificio o abonado que va desde el tap hasta la casa del abonado.

Se intentará en la medida de lo posible que sólo haya un amplificador por rama, pero si no hubiese suficiente señal se colocará un segundo amplificador. En este último caso, se pondrá primero un amplificador de distribución y después un Line Extender, salvo excepciones justificadas.

Los amplificadores tienen la posibilidad de incorporar splitters o acopladores direccionales internos en una o varias de sus salidas. Es imprescindible informarse previamente al proceso de diseño de las posibilidades que ofrecen los equipos activos seleccionados, para diseñar de acorde con dicha facilidad.

Los niveles de calidad de la señal a la salida del último amplificador en cascada deben superar siempre los límites establecidos de:

- $C/N \geq 46$  dB
- $C/CTB \geq 54$  dB
- $C/XM \geq 54$  dB
- $C/CSO \geq 54$  dB

### **5.1.3 Elementos Pasivos**

A partir del amplificador y en cualquier punto de la línea se pueden generar mediante splitters o acopladores direccionales tantas ramas secundarias como sean imprescindibles para dar servicio a los edificios dentro de la zona de 125. Se procurará utilizar prioritariamente los splitters internos de amplificador frente a los splitters externos de línea, debido a la diferencia de coste del elemento y de su instalación.

Se dejará una salida de splitter o acoplador direccional con carga terminal para futuras acometidas a instituciones públicas o privadas, edificios de oficinas, etc. Los edificios en construcción se diseñarán como si ya existiesen.

Los edificios pueden ser cableados por fachada, por azotea o por interior. Se dará preferencia al diseño por interior desde cuarto de contadores, luego por fachada, luego al diseño desde azotea por fachada, luego al diseño desde azotea por patio de luces y finalmente por interior con distribución por plantas:

- 
- En el cableado por interior desde cuarto de contadores el cable coaxial llega hasta el cuarto de contadores y allí se sitúan los taps que acometen al abonado. La red vertical de acometida al abonado va por algún conducto libre de la red de infraestructuras del edificio. En este tipo de diseño se contempla la instalación desde el tap hasta la vivienda de abonado de 15 metros de RG-59 porque el punto de entrada a la vivienda no suele corresponder al salón. A priori se considera que los edificios nuevos disponen de conductos libres, y por tanto se aplicará esta solución.
  - El cableado horizontal por fachada discurre entre el bajo y la primera planta. Los taps se irán colocando en puntos próximos a las verticales sugeridas por el replanteador. Cuando dos verticales están muy cerca, un mismo tap puede dar servicio a los abonados que pertenezcan a ambas verticales. Se puede dar el caso en algún edificio que permita el cableado horizontal por fachada, pero no el vertical por fachada, esta información será facilitada por el replanteo. En este tipo de diseño se contempla la instalación desde el tap hasta la vivienda de abonado de 7 metros de RG-59.
  - El cableado desde azotea por fachada es equivalente al anterior. El cableado horizontal por azotea discurre por la parte alta del antetecho de la azotea. Los taps se irán colocando en la azotea en los puntos próximos a las verticales sugeridas por el replanteador. Las verticales se tienden desde arriba hacia abajo por la fachada del edificio. Cuando dos verticales están muy cerca, un mismo tap puede dar servicio a los abonados que pertenezcan a ambas verticales. En este tipo de diseño se contempla la instalación desde el tap hasta la vivienda de abonado de 7 metros de RG-59.
  - El cableado desde azotea por patio de luces es similar al anterior, con la diferencia de que el cableado vertical en lugar de realizarse por la fachada exterior del edificio se realiza por el patio de luces. En este tipo de diseño se contempla la instalación desde el tap hasta la vivienda de abonado de 15 metros

de RG-59 porque el punto de entrada a la vivienda no suele corresponder al salón..

- En el cableado por interior con distribución por plantas el cable coaxial entra en el edificio por algún conducto, llega hasta la escalera y se distribuye mediante cable RG-11 verticalmente situando un tap por planta. Dicha red vertical discurre por el hueco de la escalera y fijado a la pared. En este tipo de diseño se contempla la instalación desde el tap hasta la vivienda de abonado de 15 metros de RG-59 porque el punto de entrada a la vivienda no suele corresponder al salón..

Solamente en el primero y último caso (cableado por interior) se utilizarán elementos pasivos de interior en los demás casos serán de intemperie.

La solución de cableado de edificio que se adopte afectará a las consideraciones de cálculo de los valores de los taps. El diseño preliminar de cada edificio se basará en los datos recogidos en el replanteo de planta exterior. Una vez que se consensúe la solución particular de cada edificio con la comunidad de vecinos y el equipo de conseguidores, se realizará el diseño definitivo del edificio.

Se diseñará principalmente con la función automática de cálculo de taps. En casos excepcionales se realizará la selección manual del tap, en cuyo caso se consultarán los valores de niveles mínimos y máximos de la tabla de drops, para confirmar la idoneidad del valor del tap seleccionado.

Nunca se colocará un tap delante (upstream) de un amplificador, siempre detrás (downstream).

Los taps final de línea deberán ser adaptados en impedancias con una carga terminal, siempre que no sean taps terminales.

Cuando el número de hogares de una vertical es mayor que 8, es necesario más de un tap. En estos casos, el mayor aprovechamiento de la señal (teniendo en cuenta la

atenuación de paso y de derivación de los distintos elementos) lo ofrece la siguiente solución: el primer tap en la línea dará servicio a los hogares de las plantas inferiores, el siguiente tap dará servicio a los hogares de las plantas inmediatamente por encima de las ya cubiertas, y así sucesivamente hasta cubrir la vertical completa, siempre minimizando el número de taps. Cuando se cubren dos verticales desde el mismo punto debido a su proximidad, el primer tap en la línea dará servicio a los hogares de las plantas inferiores (tanto de una vertical como de la otra, es decir, a derecha e izquierda de la vertical), el siguiente tap dará servicio a los hogares de las plantas inmediatamente por encima de las ya cubiertas (a derecha e izquierda), y así sucesivamente hasta cubrir la vertical completa.

#### **5.1.4 Cables**

La longitud de los tramos de cable coaxial se mide en la cartografía de la zona a diseñar. Sin embargo, hay que tener en cuenta que:

- Los equipos que se instalan en fachada se colocan entre la primera planta y el bajo. Por tanto, cuando el cable viene por canalización subterránea y pasa a fachada, se considerará el cable necesario para subir desde el suelo hasta donde se instalarán los equipos. Se estima que esta longitud es de cuatro metros que se sumará la cantidad medida en el mapa. De igual forma, cuando el cable deba bajar hasta el suelo para ir por una canalización subterránea se añadirán otros cuatro metros.
- En tramos canalizados subterráneamente se añadirá una longitud extra de un metro por cada arqueta que se instale, que corresponde a la coca que se deja en las arquetas.
- En tramos donde el cable en fachada deba recorrer esquinas se añadirá una longitud extra debido a que el cable no es totalmente flexible y suele hacer un pequeño redondeo. De igual forma, en el cableado por fachada, al colocar el tap

el cable debe soltarse de la pared y hacer un pequeño redondeo para conectar con el tap. Estas longitudes adicionales son función de la longitud del tramo, aunque no proporcionalmente. Se establece que la cifra de cable a añadir en las medidas está comprendido entre 1 y 5 metros, sin contar con la coca en las arquetas.

Como máximo y para casos puntuales se instalarán hasta tres cables en paralelo en fachada. En general, se procurará no pasar de dos cables paralelos en fachada.

Una vez realizado el diseño se optimizará el cable seleccionando RG-11 en aquellos tramos finales donde existe exceso de señal, nunca en tramos intermedios antes (upstream) de un amplificador. Esta optimización nunca debe forzar la aparición de un ecualizador de línea. Por lo general, los ecualizadores de línea se deben evitar en lo posible. En los casos en que existen pocos abonados potenciales a continuación del ecualizador de línea, es preferible eliminar dicho ecualizador e indicar en el plano la conveniencia de ecualizar en abonado.

### **5.1.5 Fuentes de Alimentación**

En principio se utilizará una fuente de alimentación por cada dos NOT de 500 hogares. La fuente se ubicará junto a uno de ellos y se tenderá un cable de 1/2" para alimentar la red coaxial del otro NOT. Dicho cable se tenderá por canalización subterránea, con el fin de evitar depender de permisos de paso para activar el segundo NOT.

### 5.1.6 Representación Gráfica

Se procurará evitar en lo posible excesivos cruces de cable que impidan una clara interpretación del diseño. Asimismo, el trazado de cable discurrirá paralelo o perpendicular a la cartografía, y los equipos se situarán de forma que minimicen el número de cruces de cable y de ángulos en el trazado del cable y su interpretación o lectura no quede dificultada por la cartografía u otros elementos.

La finalidad del diseño RF es la representación simbólica del diseño electrónico. Es prioritaria una representación clara y limpia. La ubicación exacta en plano de los distintos elementos corresponde al diseño de obra civil.

## 5.2 Obra Civil

El diseño de obra civil reflejará la ubicación exacta de los elementos y del trazado. Este diseño utiliza elementos de obra e instalación así como anotaciones y aclaraciones para mayor entendimiento del mismo. Los elementos que la componen son:

- canalización subterránea
- tendido en fachada
- tendido en azotea
- arquetas
- armarios
- tubos de acceso a fachada
- equipos en armario (NOT en armario, amplificador en armario, fuente en armario, ...)

- equipo en fachada (amplificador en fachada y pasivo en fachada)
- equipo en azotea
- equipo en interior de edificio
- posición del tap (en fachada, en azotea y en interior)

### **5.2.1 Canalización subterránea**

Como regla general, se dará prioridad a la ubicación subterránea frente al tendido en fachada.

- todo el trazado de fibra discurrirá por canalización subterránea,
- en el caso de amplificadores (primer amplificador en cascada) que sirvan a una zona de alta densidad de oficinas, el tramo de cable entre el NOT y el amplificador deberá discurrir por zanja subterránea,

En la medida de lo posible se diseñará de manera que se compartan al máximo las canalizaciones correspondientes a los trazados subterráneos de troncal de fibra óptica, distribución de fibra óptica y distribución de RF.

Se minimizarán al máximo los cruces de calle y los tramos subterráneos, es decir, se aprovecharán los ya establecidos para otros ramales.

La canalización subterránea discurrirá por calzada o por acera, paralela o perpendicular al eje de la calzada. Los cruces de calle se harán en línea recta perpendicular al eje de la calzada. En la medida de lo posible se minimizará el número de cruces de calle.

Como regla general la canalización subterránea discurrirá por calzada o aparcamiento (zanja CATV), salvo que exista algún impedimento, saltando a acera cuando haya que

situar una arqueta.

Existen dos tipos de ejecución de zanja: estándar y CATV. La primera se adopta para la zanja en acera y cruces de calles estrechas, y se realiza de forma manual o con retroexcavadora. La segunda se adopta para la zanja en calzada, en zonas de tierra y cruces de calle, siempre que las dimensiones de la calle permitan el acceso de la máquina zanjadora.

### **5.2.2 Arquetas**

Se contempla la utilización de cuatro tipos diferentes de arquetas según los siguientes casos:

- Arqueta especial. Se situará junto al armario del NOT y cuando tengan que contener alguna botella de empalmes de fibra óptica.
- Arqueta estándar. Se situará en aquellos casos que el número de cables o la cantidad de entradas y salidas requieran un mayor espacio en la arqueta, y ante un armario de amplificador.
- Arqueta pequeña. Se situará este tipo de arqueta con prioridad frente a las demás, y en aquellos casos en las circunstancias no obliguen a situar cualquiera de las otras arquetas.
- Arqueta reforzada. En realidad este nombre hace referencia a la tapadera de la arqueta, es decir, que cualquiera de las anteriores arquetas tiene su versión reforzada. Normalmente se aplica a la arqueta pequeña.

Se situará una arqueta cada vez que el trazado realice una bifurcación, salvo cuando dicha bifurcación sea cercana a otra arqueta (hasta 7 m), o un quiebro de 90 grados.

Las arquetas irán ubicadas siempre en acera, salvo excepciones justificadas, en cuyo caso serán reforzadas y situadas preferentemente en zona de aparcamiento.

### **5.2.3 Armarios**

Se minimizará en lo posible el número de armarios. El NOT y la fuente de alimentación siempre irán en armario.

Los armarios se ubicarán, de forma general, en la línea de alcorque y siempre en aceras con espacio suficiente para no entorpecer el paso de peatones.

### **5.2.4 Acceso a Azotea**

La subida a azotea se realizará en alguna esquina del edificio que minimice el impacto visual.

### **5.2.5 Acceso a Fachada**

El acceso a fachada desde canalización subterránea se realizará mediante tubos de acceso a fachada de 4 m. Se situará siempre un tubo por cada dos cables que accedan a la fachada.

## **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

B.O.E. nº 256, 25 de octubre de 1997

### **\*\*\* INDICE \*\*\***

#### **1. INTRODUCCIÓN**

##### **1.1 Objeto**

##### **1.2 Datos de la obra**

##### **1.3 Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud**

#### **2. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA**

#### **3. MEMORIA DESCRIPTIVA**

##### **3.1 Previos**

##### **3.2 Instalaciones provisionales**

##### **3.3 Instalaciones de bienestar e higiene**

##### **3.4 Fases de la ejecución de la obra**

**4. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

**5. COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

**6. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

**7. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTAS**

**8. OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTÓNOMOS**

**9. LIBRO DE INCIDENCIAS**

**10. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

**11. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

**12. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN  
APLICARSE EN LAS OBRAS**

## **6. SEGURIDAD Y SALUD**

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Se elabora el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD, dado que en el proyecto de obras redactado y del que este documento forma parte, no se dan ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

#### **6.1.1 Objeto**

El estudio básico tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables en la obra, conforme especifica el apartado 2 del artículo 6 del citado Real Decreto.

Igualmente se especifica que a tal efecto debe contemplar:

- ◆ la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias;
- ◆ relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto);
- ◆ previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

### **6.1.2 Datos de la obra**

Tipo de obra: Infraestructura de televisión por cable

Situación: Sevilla

### **6.1.3 Justificación del estudio básico de seguridad y salud**

El presupuesto de Ejecución Material de la obra asciende a la cantidad de:

P.M.E. = 24.793.900 pts.

El plazo de ejecución de las obras previsto es de 6 meses. El personal previsto serán 20 operarios.

Teniendo en cuenta estos valores se observa que no se da ninguna de las circunstancias o supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del R.D. 1627/1997, por lo que se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

## **6.2 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA**

REGLAMENTO DE SEGURIDAD E ORDEN de 20-May-52, del  
HIGIENE EN EL TRABAJO EN LA Industria de Trabajo  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN 15-JUN-52

MODIFICACIÓN DEL ORDEN de 10-DIC-53, del

---

REGLAMENRO INTERIOR	Ministerio de Trabajo
	22-DIC-53
COMPLEMENTO REGLAMENTO ANTERIOR	DEL ORDEN de 23-SEP-66, del Ministerio de Trabajo
	1-OCT-66
ORDENANZA DEL TRABAJO PARA LAS INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCIÓN, VIDRIOO Y CERÁMICA (CAP. XVI)	ORDEN de 28-AGO-70, del Ministerio de Trabajo
	5 a 9-SEP-70
	Corrección de errores 17-OCT-70
INTERPRETACIÓN DE VARIOS ARTÍCULOS DE LA ORDENANZA ANTERIOR	ORDEN de 21-NOV-70 del Ministerio de Trabajo
	28-NOV-70
INTERPRETACIÓN DE VARIOS ARTÍCULOS DE LA ORDENANZA ANTERIOR	RESOLUCIÓN de 24-NOV-70, de la D.General trabajo
	5-DIC-70
ORDENANZA GANERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	ORDEN 9-MAR-71 del Ministerio de Trabajo
	16 y 17-MAR-71
	Corrección de errores 6-ABR-71
ANDAMIOS. CAPITULO VII DEL REGLAMENTO GENERAL SOBRE SEGURIDAD E HIGIENE DE 1940	ORDEN , de 31-ENE-40, del Ministerio de Trabajo

---

---

	3-FEB-40
NORMAS PARA LA ILUMINACION DE LOS CENTROS DE TRABAJO	ORDEN de 26-AGO-40, del Ministerio de Trabajo
	29-AGO-40
MODELO DE LIBRO DE INCIDENCIAS CORRESPONDIENTE A LAS OBRAS EN QUE SEA OBLIGATORIO EL ESTUDIO SEGURIDAD E HIGIENE	ORDEN de 20-SEP-86 del Ministerio de Trabajo 13-OCT-86 Corrección de errores 31-OCT-86
NUEVA REDACCION DE LOS ART. 1, 4, 6 Y 8 DEL R.D. 555/1986, DE 21-FEB ANTES CITADO	REAL DECRETO 84/1990, de 19-ENE, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y con la Secretaría del Gobierno 25-ENE-91
PREVENCION DE RIESGOS LABORALES	LEY 31/1995 de Jefatura del Estado, de 8 de Noviembre
REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN	REAL DECRETO 39/1997, de 17-ENE, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
DESARROLLO DEL REGLAMENTO ANTERIOR	DEL ORDEN de 27-JUN-1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA SEÑALIZACIÓN	REAL DECRETO 485/1997, de 14-ABR., Ministerio de Trabajo y Asuntos

---

---

SEGURIDAD Y SALUD EN EL Sociales  
TRABAJO

DISPOSICIONES MÍNIMAS EN REAL DECRETO 486/1997, de 14-  
MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD ABR, Ministerio de Trabajo y Asuntos  
EN LOS LUGARES DE TRABAJO Sociales

DISPOSICIONES MÍNIMAS EN REAL DECRETO 773/1997, de 30-  
MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD MAY, Ministerio de Presidencia  
RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR  
LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS  
DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE REAL DECRETO 1215/1997, de  
SEGURIDAD Y SALUD PARA LA 18-JUL, Ministerio de Presidencia  
UTILIZACIÓN POR LOS  
TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS  
DE TRABAJO

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE REAL DECRETO 1627/1997, de  
SEGURIDAD Y SALUD EN LAS 24-OCT, Ministerio de Presidencia  
OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

NORMA BÁSICA DE EDIFICACIÓN REAL DECRETO 279/1991, DE 1-  
"NBE-CPI-91". CONDICIONES DE MAR, Ministerio de Obras Públicas y  
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Urbanismo

## EN LOS EDIFICIOS

8-MAR-91 Corrección de errores

18-MAY-91

ANEJO C, "CONDICIONES REAL DECRETO 1230/1993, de PARTICULARES PARA EL USO 23-JUL, del Ministerio de Obras COMERCIAL" DE LA NORMA "NBE- Públicas, Transportes y Medio CPI-91; CONDICIONES DE Ambiente PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS EDIFICIOS" 27-AGO-93

REGLAMENTO DECRETOS 2413/1973, de 20-SEP, ELECTROTÉCNICO PARA BAJA del Ministerio de Industria y Energía TENSIÓN. "REBT" Y SUS 9-OCT-73 POSTERIORES MODIFICACIONES HASTA LA FECHA

APROBACIÓN DE LAS ORDEN de 13-OCT-73, del INSTRUCCIONES Ministerio de Industria y Energía COMPLEMENTARIAS "MI-BT" DEL 28 a 31-DIC-73 REBT" POSTERIORES MODIFICACIONES, CORRECCIONES Y HOJAS DE INTERPRETACIÓN HASTA LA FECHA

APLICACIÓN DE LAS ORDEN de 6-ABR-74, del INSTRUCCIONES Ministerio de Industria COMPLEMENTARIAS ANTERIORES 15-ABR-74

## **6.3 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **6.3.1 Previos**

Previo a la iniciación de los trabajos en la obra, debido al paso continuado de personal, se acondicionarán y protegerán los accesos, señalizando conveniente los mismos y protegiendo el contorno de actuación con señalizaciones del tipo:

PROHIBIDO APARCAR EN LA ZONA DE ENTRADA DE VEHÍCULOS

PROHIBIDO EL PASO DE PETONES POR ENTRADA DE VEHÍCULOS

USO OBLIGATORIO DEL CASCO DE SEGURIDAD

PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA

etc.

## **6.3.2 Instalaciones provisionales**

### **6.3.2.1 Instalación eléctrica provisional.**

La instalación eléctrica provisional de obra será realizada por firma instaladora autorizada con la documentación necesaria para solicitar el suministro de energía eléctrica a la Compañía Suministradora.

Tras realizar la acometida a través de armario de protección, a continuación se situará el cuadro general de mando y protección, formado por seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar, puesta a tierra y magnetotérmicos y diferencial.

De este cuadro podrán salir circuitos de alimentación a subcuadros móviles, cumpliendo con las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie.

Toda instalación cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para baja tensión.

### Riesgos más frecuentes

Heridas punzantes en manos.

Caída de personas en altura o al mismo nivel.

Descargas eléctricas de origen directo o indirecto.

Trabajos con tensión.

Intentar bajar sin tensión, pero sin cerciorarse de que está interrumpida.

Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.

Usar equipos inadecuados o deteriorados.

### Protecciones colectivas

Mantenimiento periódico de la instalación, con revisión del estado de las mangueras, toma de tierras, enchufes, etc.

### Protecciones personales

Será obligatorio el uso de casco homologado de seguridad dieléctrica y guantes aislantes. Comprobador de tensión, herramientas manuales con aislamiento. Botas aislantes, chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas. Taimas, alfombrillas y pértigas aislantes.

### Normas de actuación durante los trabajos

Cualquier parte de la instalación se considera bajo tensión, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados a tal efecto.

Los tramos aéreos serán tensados con piezas especiales entre apoyos. Si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 Kg. fijando a estos el conductor con abrazaderas.

Los conductores si van por el suelo, no se pisarán ni se colocarán materiales sobre ellos, protegiéndose adecuadamente al atravesar zonas de paso.

En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de zonas de trabajo, almacenes, etc. Los aparatos portátiles estarán convenientemente aislados y serán estancos al agua.

Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales a presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada. No estarán sometidas a tracción mecánica que origine su rotura.

Las lámparas de alumbrado estarán a una altura mínima de 2,50 metros del suelo, estando protegidas con cubierta resistente las que se puedan alcanzar con facilidad.

Las mangueras deterioradas se sustituirán de inmediato.

Se señalarán los lugares donde estén instalados los equipos eléctricos.

Se darán instrucciones sobre medidas a tomar en caso de incendio o accidente eléctrico.

Existirá señalización clara y sencilla, prohibiendo el acceso de personas a los lugares donde estén instalados los equipos eléctricos, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.

### **6.3.2.2 Instalación contra incendios.**

Contrariamente a lo que se podría creer, los riesgos de incendio son numerosos en razón fundamentalmente de la actividad simultánea de varios oficios y de sus correspondientes materiales (madera de andamios, carpintería de huecos, resinas, materiales con disolventes en su composición, pinturas, etc.). Es pues importante su prevención, máxime cuando se trata de trabajos en una obra como la que nos ocupa.

Tiene carácter temporal, utilizándola la contrata para llevar a buen término el compromiso de hacer una determinada construcción, siendo los medios provisionales de prevención los elementos materiales que usará el personal de obra para atacar el fuego.

Según la UNE-230/0, y de acuerdo con la naturaleza combustible, los fuegos se clasifican en las siguientes clases:

*Clase A.*

Denominados también secos, el material combustible son materias sólidas inflamables como la madera, el papel, la paja, etc. a excepción de los metales.

La extinción de estos fuegos se consigue por el efecto refrescante del agua o de soluciones que contienen un gran porcentaje de agua.

*Clase B.*

Son fuegos de líquidos inflamables y combustibles, sólidos o licuables.

Los materiales combustibles más frecuentes son: alquitrán, gasolina, asfalto, disolventes, resinas, pinturas, barnices, etc.

La extinción de estos fuegos se consigue por aislamiento del combustible del aire ambiente, o por sofocamiento.

*Clase C.*

Son fuegos de sustancias que en condiciones normales pasan al estado gaseoso, como metano, butano, acetileno, hidrógeno, propano, gas natural.

Su extinción se consigue suprimiendo la llegada del gas.

*Clase D.*

Son aquellos en los que se consumen metales ligeros inflamables y compuestos químicos reactivos, como magnesio, aluminio en polvo, limaduras de titanio, potasio, sodio, litio, etc.

Para controlar y extinguir fuegos de esta clase, es preciso emplear agentes extintores especiales, en general no se usarán ningún agente exterior empleado para combatir fuegos de la clase A, B-C, ya que existe el peligro de aumentar la intensidad del fuego a causa de una reacción química entre alguno de los agentes extintores y el metal que se está quemando.

En nuestro caso, la mayor probabilidad de fuego que puede provocarse a la clase A y clase B.

Riesgos más frecuentes.

Acopio de materiales combustibles.

Trabajos de soldadura

Trabajos de llama abierta.

Instalaciones provisionales de energía.

Protecciones colectivas.

Mantener libres de obstáculos las vías de evacuación, especialmente escaleras. Instrucciones precisas al personal de las normas de evacuación en caso de incendio. Existencia de personal entrenado en el manejo de medios de extinción de incendios.

Se dispondrá de los siguientes medios de extinción, basándose en extintores portátiles homologados y convenientemente revisados:

1 de CO<sub>2</sub> de 5 Kg. junto al cuadro general de protección.

1 de polvo seco ABC de 6 Kg. en la oficina de obra.

1 de CO<sub>2</sub> de 5 Kg. en acopio de líquidos inflamables.

1 de CO2 de 5 Kg. en acoplo de herramientas, si las hubiera.

1 de polvo seco ABC de 6 Kg. en los tajos de soldadura o llama abierta.

#### Normas de actuación durante los trabajos.

Prohibición de fumar en las proximidades de líquidos inflamables y materiales combustibles. No acopiar grandes cantidades de material combustible. No colocar fuentes de ignición próximas al acopio de material. Revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional. Retirar el material combustible de las zonas próximas a los trabajos de soldadura.

#### **6.3.2.3 Instalación de maquinaria.**

Se dotará a todas las máquinas de los oportunos elementos de seguridad.

#### **6.3.3 Instalaciones de bienestar e higiene**

Debido a que instalaciones de esta índole admiten una flexibilidad a todas luces natural, pues es el Jefe de obra quien ubica y proyecta las mismas en

función de su programación de obra, se hace necesario, ya que no se diseña marcar las pautas y condiciones que deben reunir, indicando el programa de necesidades y su superficie mínimo en función de los operarios calculados.

Las condiciones necesarias para su trazado se resume en los siguientes conceptos:

#### **6.3.3.1 Condiciones de ubicación.**

Debe ser el punto más compatible con las circunstancias producidas por los objetos en sus entradas y salidas de obra.

Debe situarse en una zona intermedia entre los dos espacios más característicos de la obra, que son normalmente el volumen sobre rasante y sótanos, reduciendo por tanto los desplazamientos.

En caso de dificultades producidas por las diferencias de cotas con las posibilidades acometidas al saneamiento, se resolverán instalando bajantes provisionales o bien recurriendo a saneamiento colgado con carácter provisional.

### **6.3.3.2 Ordenanzas y dotaciones de reserva de superficie respecto al número de trabajadores.**

#### Abastecimiento de agua

Las empresas facilitarán a su personal en los lugares de trabajo agua potable.

#### Vestuarios y aseos

La empresa dispondrá en el centro de trabajo de cuartos de vestuarios y aseos para uso personal. La superficie mínima de los vestuarios será de 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador, y tendrá una altura mínima de 2,30 m.

$$2 \text{ trabajadores} \times 2\text{m}^2 / \text{trabajador} = 40 \text{ m}^2 \text{ de superficie útil}$$

Estarán provistos de asientos y de armarios metálicos o de madera individuales para que los trabajadores puedan cambiarse y dejar además sus efectos personales, estarán provistos de llave, una de las cuales se entregará al trabajador y otra quedará en la oficina para casos de emergencia.

Número de taquillas: 1 ud. / trabajador = 20 taquillas

### Lavabos

El número de grifos será, por la menos, de uno por cada diez usuarios. La empresa los dotará de toallas individuales o secadores de aire caliente, toalleros automáticos o toallas de papel, con recipientes.

Número de grifos: 1 ud. / 10 trabajadores = 2 unidad

### Retretes

El número de retretes será de uno por cada 25 usuarios. Estarán equipados completamente y suficientemente ventilados. Las dimensiones mínimas de cabinas serán de 1x 1,20 y 2,30 m de altura.

Número de retretes: 1 ud. / 25 trabajadores = 1 unidad

### Duchas

El número de duchas será de una por cada 10 trabajadores y serán de agua fría y caliente.

Número de duchas: 1 ud. / 10 trabajadores = 2 unidad

Los suelos, paredes y techos de estas dependencias serán lisos e impermeables y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

### Botiquines

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente, y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa.

### Comedores

Los comedores estarán dotados con bancos, sillas y mesas, se mantendrá en perfecto estado de limpieza y dispondrá de los medios adecuados para calentar las comidas.

## **6.3.4 Fases de la ejecución de la obra.**

### **6.3.4.1 Movimientos de tierras.**

Se iniciarán con pala cargadora en la explanación y vaciado del relleno, evacuando las tierras en camiones de tonelaje medio. La retroexcavadora actuará en la excavación, con posterior refino a mano, si es necesario.

Antes de proceder a los trabajos de vaciado de las zanjas se realizará un reconocimiento detallado examinando los elementos colindantes, para prevenir los asentamientos irregulares, fallos en los cimientos, etc.

#### Riesgos más frecuentes

Choques, atropellos y atrapamientos ocasionados por la maquinaria.

Vuelcos y deslizamientos de la maquinas.

Caidas en altura del personal que interviene en el trabajo.

Generación de polvo, explosiones e incendios.

Conexión prematura de la fuente de energía.

Aparición de electricidad extraña, corrientes errantes, electricidad estática tormentas, radio frecuencias, líneas de transporte de energía.

Desprendimiento de tierra y proyección de rocas.

#### Protecciones colectivas.

Correcta conservación de la barandilla en la coronación del muro del sótano, si existe. Mantener herméticamente cerrados los recipientes que contengan productos tóxicos e inflamables. No apilar materiales en las zonas de tránsito ni junto al borde de las excavaciones. Retirar los objetos que impidan el paso. Prohibición de que las máquinas y camiones accedan a las proximidades de las excavaciones. La distancia de seguridad será igual o superior que la altura de la excavación. Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.

### Protecciones personales

Será obligatorio el uso de casco homologado, Mono de trabajo y en su caso traje de agua con botas. Empleo de cinturón de seguridad por parte del conductor de la maquinaria y protectores auditivos.

### Normas de actuación durante los trabajos

Las maniobras de las máquinas estarán dirigidas por persona distinta al conductor. Las paredes de las excavaciones se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día por cualquier circunstancia.

Si es posible se evitará la entrada de agua en la excavación y en caso de riesgo de inundación o derrumbamiento se preverá una vía de escape segura para cada trabajador. Los pozos de cimentación se señalarán para evitar caídas del personal a su interior

Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo. Cuando esté trabajando la maquinaria no habrá personal en el interior de pozos y zanjas.

Los codales no se emplearán a manera de escalones, ni servirán de apoyo a objetos pesados. Al utilizar en la zanja, palas, picos, etc., la distancia mínima entre trabajadores será de un metro con el fin de prevenir todo riesgo de accidentes.

Durante la retirada de árboles no habrá personal trabajando en planos inclinados con fuerte pendiente, o debajo de macizos horizontales estará prohibida.

Al proceder a la realización de excavaciones, la retroexcavadora actuará con las zapatas de anclaje apoyadas en el terreno.

Se colocará una persona a la entrada de la parcela o solar que procederá a parar la circulación peatonal en tanto en cuanto se produzca la entrada o salida de maquinaria.

Mantenimiento correcto de la maquinaria. Correcta disposición de la carga de tierras en el camión, no cargándolo más de lo admitido. Correcto apoyo de las máquinas excavadoras en el terreno. Cuando se realice el relleno de una zanja, la entibación permanecerá instalada hasta que desaparezca cualquier riesgo de desprendimiento.

#### **6.3.4.2 Instalaciones eléctricas.**

##### Riesgos más frecuentes

Caídas de personas.

Electrocuciones.

Heridas en las manos.

### Protecciones colectivas

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas.

Previamente a la iniciación de los trabajos, se establecerán puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.

Siempre que sea posible se instalará una plataforma de trabajo protegida con barandilla y rodapié.

### Protecciones personales

Será obligatorio el uso de casco, cinturón de seguridad y calzado antideslizante.

En pruebas con tensión, calzado y guantes aislantes.

Cuando se manejen cables se usarán guantes de cuero.

Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

### Escaleras

Las escaleras a usar, si son de tijera, estarán dotadas de tirantes de limitación de apertura; si son de mano tendrán dispositivos antideslizantes y se fijarán a puntos sólidos de la edificación y sobrepasarán en 0,70 m., como mínimo el desnivel a salvar. En ambos casos su anchura mínima será de 0,50 m.

### Medios auxiliares

Los taladros y demás equipos portátiles alimentados por electricidad, tendrán doble aislamiento. Las pistolas fija-clavos, se utilizarán siempre con su protección.

### Pruebas

Las pruebas con tensión, se harán después de que el encargado haya revisado la instalación, comprobando no queden a terceros, uniones o empalmes sin el debido aislamiento.

### Normas de actuación durante los trabajos

Si existieran líneas cercanas al tajo, si es posible, se dejarán sin servicio mientras se trabaja; y si esto no fuera posible, se apantallarán correctamente o se recubrirán con macarrones aislantes.

En régimen de lluvia, nieve o hielo, se suspenderá el trabajo.

## **6.4 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

## **6.5 COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

1. Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
2. Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
3. Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
4. Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
6. Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

## 6.6 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un **plan de seguridad y salud** en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y

salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como la personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

## **6.7 OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS**

El contratista y subcontratista están obligados a :

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

-Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.

-Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.

-Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.

-Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

-Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.

-Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

-Recogida de materiales peligrosos utilizados.

-Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

-Cooperación entre todos los intervinientes en la obra

-Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.
5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades del coordinador, Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

## **6.8 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES**

Los trabajadores autónomos están obligados a :

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
  - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza
  - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros
  - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - Adaptacion del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra

-Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.
6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.
7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

## **6.9 LIBRO DE INCIDENCIAS**

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h. una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

## **6.10 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

## **6.11 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

## **6.12 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS.**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del R.D. 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

Por la firma abajo expresa, el Promotor afirma conocer y estar de acuerdo con todos los documentos que componen este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

\_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_.

Fdo.: El Promotor

Fdo.: El Técnico autor del  
proyecto