

17

Tipos de conductores empleados

Introducción

Los conductores utilizados en la planta telefónica están constituidos por un número variable de conductores metálicos o fibras de vidrio, de esta forma posibilitan la transmisión a largas distancias de señales eléctricas u ópticas.

Una clasificación grosso modo de los conductores es la que los considera según la naturaleza de las señales a transmitir, es decir señales eléctricas o señales ópticas, de esta forma en el tema se han dividido en conductores eléctricos y conductores ópticos.

Por un lado se hace especial hincapié en un tipo de conductor eléctrico muy utilizado en telefonía, los cables de pares simétricos. Por otro lado se estudian los fundamentos del funcionamiento de los conductores ópticos.

Contenido

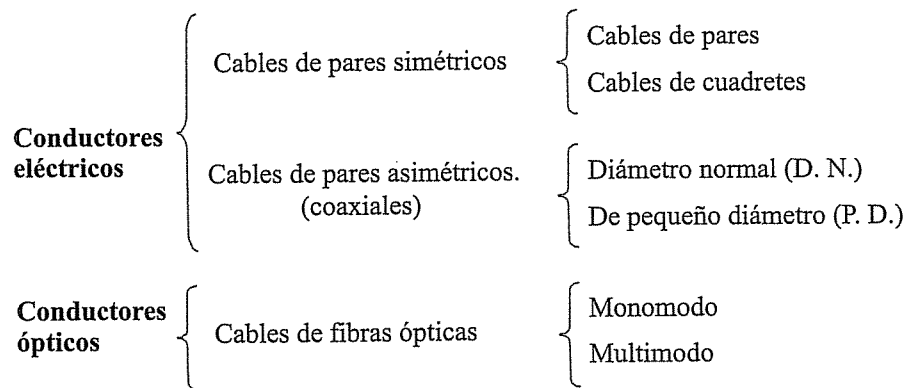
- 17.1. Tipos de cables utilizados en planta externa de la red telefónica
- 17.2. Conductores ópticos utilizados en planta externa. Fundamentos de las fibras ópticas

Objetivos

- Clasificar los conductores utilizados para la transmisión de señales en planta externa.
- Estudiar especialmente los conductores eléctricos formados por pares simétricos; partes que lo forman. Conductores, aislante y cubierta.
- Saber identificar y localizar cada uno de los pares que forman parte de las mangueras multipares.
- Estudiar los principios en los que se basan los conductores ópticos para la transmisión de datos. Leyes de reflexión y refracción de la luz; propagación de la luz en una fibra.
- Conocer las partes físicas que forman los cables de fibras ópticas.

17.1 Tipos de cables utilizados en planta externa de la red telefónica

Los conductores se clasifican según su constitución tal y como se representa en el siguiente mapa conceptual:



17.1.1. Cables de pares simétricos

Los conductores van reunidos en pares torsionados entre sí con pasos diferentes para disminuir diafonías y evitar en la medida de lo posible interferencias exteriores.

17.1.1.1. Constitución de los cables de pares simétricos

Los elementos fundamentales que los forman son:

17.1.1.1.1. Conductores

De cobre electrolítico de sección circular identificados en función de su calibre; los valores son:

CALIBRE (mm)	RESISTENCIA (Ω /km)
0,32	220
0,405	137
0,51	86
0,64	54,5
0,9	27,5

Tabla 17.1. Calibre de los conductores de cobre utilizados frecuentemente.

17.1.1.1.2. Aislante

Rodea a cada uno de los conductores y sirve para evitar el contacto entre ellos. Los tipos utilizados son:

- **Papel.** No se enrolla directamente en el conductor, sino sobre un hilo de celulosa dispuesto previamente, el inconveniente es que tiende a desenrollarse y se debe introducir aire seco.
- **Plástico.** Se utiliza en la actualidad. El conductor se rodea con una capa coloreada para identificar los pares.

La humedad no le afecta tanto, pero aumenta la capacidad mutua entre pares. Se utiliza el polietileno (PE) y el policloruro de vinilo (PVC).

17.1.1.1.3. Cubierta

Agrupa todos los conductores formando el núcleo. Los dos tipos de cubiertas utilizados son **cubiertas de plomo** y **cubiertas metaloplásticas**, el plomo únicamente se utiliza en los cables coaxiales.

Las cubiertas metaloplásticas son un conjunto de cubiertas donde intervienen el aluminio y el polietileno, aparte del acero si el cable necesita de protección adicional.

Las más utilizadas son: **AP (Alpeth), EAP, EAPAP y autosoportadas.**

La **cubierta AP** se forma disponiendo sobre el núcleo una cinta de aluminio, sobre ella una capa de polietileno negro.

La **cubierta EAP** mejora la estanqueidad de la anterior, ya que la cinta de aluminio va recubierta por ambas caras de polietileno.

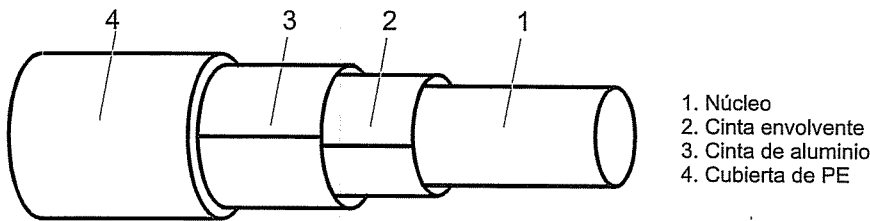


Figura 17.1. Cubierta EAP y AP.

La **cubierta EAPAP** dispone sobre la base de la EAP una cinta de acero recubriéndola a continuación con una capa de plástico PE negro.

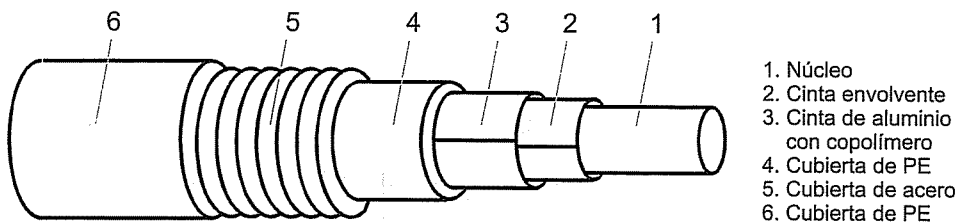


Figura 17.2. Cubierta EAPAP.

Las **cubiertas autosoportadas** se destinan a proteger los cables aéreos; sobre la misma capa de polietileno reúnen el conductor y el cable soporte.

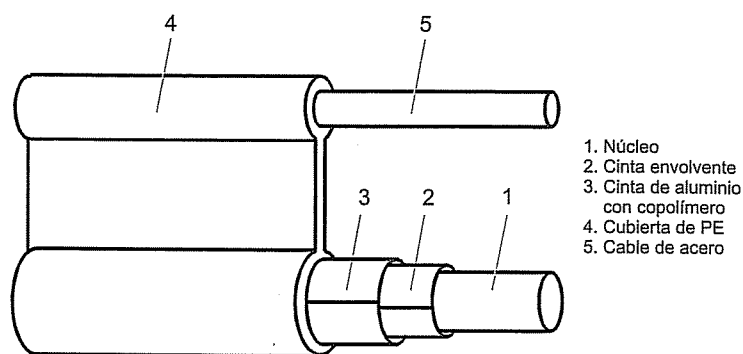


Figura 17.3. Cubierta EAP autosoportada.

17.1.1.2. Identificación de los pares

Existen múltiples configuraciones, una posible es la que se observa en la tabla 2, donde se agrupan los cables en conjuntos de 25 pares a los cuales se les denominan unidades; estas unidades se disponen en las mangueras en capas concéntricas.

Cada una de las unidades de 25 cables se ata con una ligadura de un color diferente y sobre el conjunto resultante una cobertura tal y como hemos visto en puntos anteriores.

Los colores que identifican a cada uno de los pares se dan en la tabla siguiente, de esta forma es posible su identificación de forma inequívoca.

Nº de par	Color del conductor 1	Color del conductor 2
1	Blanco	Azul
2	Blanco	Naranja
3	Blanco	Verde
4	Blanco	Marrón
5	Blanco	Gris
6	Rojo	Azul
7	Rojo	Naranja
8	Rojo	Verde
9	Rojo	Marrón
10	Rojo	Gris
11	Negro	Azul
12	Negro	Naranja
13	Negro	Verde
14	Negro	Marrón
15	Negro	Gris
16	Amarillo	Azul
17	Amarillo	Naranja
18	Amarillo	Verde
19	Amarillo	Marrón
20	Amarillo	Gris
21	Violeta	Azul
22	Violeta	Naranja
23	Violeta	Verde
24	Violeta	Marrón
25	Violeta	Gris
Par piloto	Negro	Blanco

Tabla 17.2. Código de colores empleado para la identificación de cada uno de los conductores.

La identificación de las unidades se hace según el color de la ligadura que las agrupa según el siguiente código:

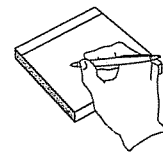
Nº de ligadura	Color de la ligadura	Numeración de los pares
1	Blanco - Azul	1 – 25
2	Blanco - Naranja	26 – 50
3	Blanco - Verde	51 – 75
4	Blanco - Marrón	76 – 100
5	Blanco - Gris	101 – 125
6	Rojo - Azul	126 – 150
7	Rojo - Naranja	151 – 175
8	Rojo - Verde	176 – 200
9	Rojo - Marrón	201 – 225
10	Rojo - Gris	226 – 250
11	Negro - Azul	251 – 275
12	Negro - Naranja	276 – 300
13	Negro - Verde	301 – 325
14	Negro - Marrón	326 – 350
15	Negro - Gris	351 – 375
16	Amarillo - Azul	376 – 400
17	Amarillo - Naranja	401 – 425
18	Amarillo - Verde	426 – 450
19	Amarillo - Marrón	451 – 475
20	Amarillo - Gris	476 – 500
21	Violeta - Azul	501 – 525
22	Violeta - Naranja	526 – 550
23	Violeta - Verde	551 – 575
24	Violeta - Marrón	576 – 600

Tabla 17.3. Código de colores para la identificación de las unidades de cables.

Actividad de Aplicación 1

Con esta actividad se pretende desarrollar la capacidad de manejo de las mangueras de cables multipares; para esto se trabajará con una manguera de 50 pares de las utilizadas habitualmente en las instalaciones telefónicas y se efectuarán las siguientes operaciones:

- Identifica el tipo de cubierta que rodea al conjunto de conductores, para esto nos basaremos en las vistas en puntos anteriores.
- Retira unos 30 cm de cubierta y deja a la vista cada uno de los conjuntos de pares.



- Según la tabla 3, identifica los colores de las ataduras que separan las 2 primeras unidades entre sí y anótalos en la tabla 4.
- Según la tabla 2, identifica cada uno de los pares que componen las unidades seleccionadas y anótalos en la tabla 4.

Tipo de cubierta que rodea al conjunto	Nº de ligadura	Color de la ligadura	Color de los pares rodeados por la ligadura
	1		
	2		

Tabla 17.4. Caracterización de pares en manguera multipar.

17.2 Conductores ópticos utilizados en planta externa. Fundamentos de fibras ópticas

Es una guía de ondas luminosas, constituida por dos medios con distinto índice de refracción.

El elemento interior se denomina **núcleo** y sirve para conducir la luz; el exterior se denomina **revestimiento** y como tiene un índice de refracción distinto hace que la luz se refleje en éste.

El índice de refracción de un medio se define con la expresión:

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde n es el índice de refracción, c es la velocidad de la luz en el vacío y v la velocidad de la luz en el medio considerado.

De esta forma la expresión anterior indica que el índice de refracción de un medio es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio considerado.

La fórmula indica que la velocidad de la luz en el vacío es superior a su velocidad en cualquier otro medio si se verifica que:

$$c \geq v \text{ y } n \geq 1$$

17.2.1. Leyes de reflexión y refracción de la luz

La luz se compone de fotones y a la vez está formada por ondas electromagnéticas (dualidad onda - partícula) cuyo espectro es:

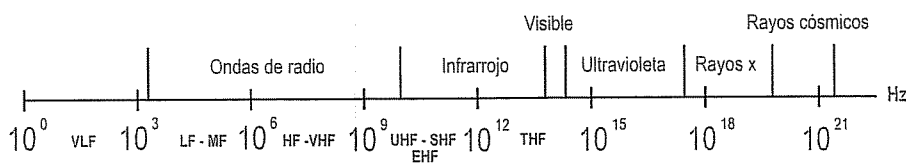


Figura 17.4. Espectro de las ondas electromagnéticas.

Se verifica que la luz se propaga en línea recta y cambia de sentido al atravesar un medio con un índice de refracción diferente. Cuando un rayo de luz incide en un medio con distinto índice de refracción, una parte de la luz se refleja y otra parte lo atraviesa pero cambiando su trayectoria, es decir se refracta; esto se expresa mediante las leyes de reflexión y refracción de la luz.

Las leyes de reflexión son:

- El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están situados en el mismo plano.
- El ángulo de incidencia es igual al de reflexión.
- El camino seguido por el rayo es independiente del sentido de su propagación.

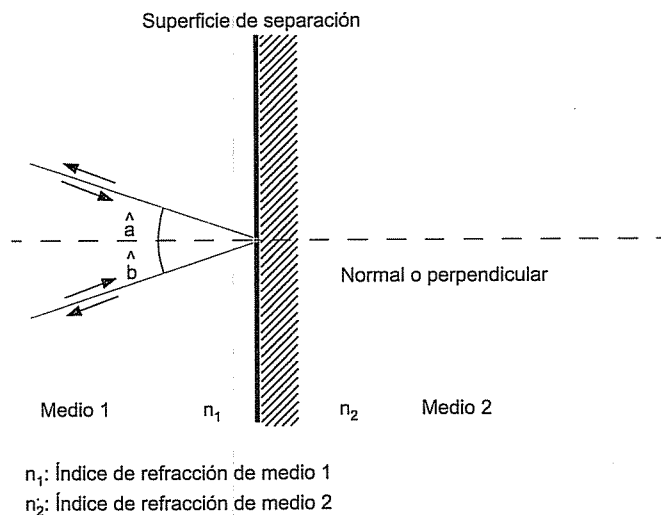


Figura 17.5. Reflexión de un rayo luminoso.

Leyes de refracción:

- El rayo incidente, el rayo refractado y la normal están situados en el mismo plano.
- Los ángulos de incidencia y de refracción cumplen la relación (ley de Snell):

$$\frac{\sin \hat{a}}{\sin \hat{b}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

Si se cumple que $n_2 > n_1$, el ángulo de refracción es menor que el de incidencia.

- Ley de retorno inverso de la luz.

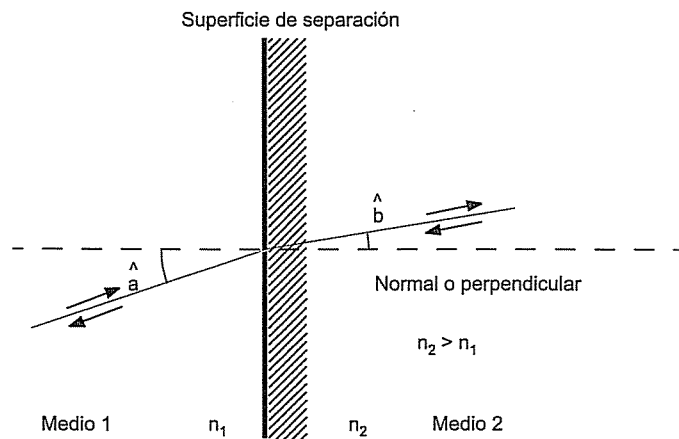


Figura 17.6. Refracción de un rayo luminoso.

En la figura 17.7 se observa que al ser los índices $n_2 > n_1$ los sucesivos rayos de incidencia (1, 2, 3, ... R) (4, 5, 6, ... X) se refractan en los rayos (1', 2', 3', ... R') (4', 5', 6', ... X') respectivamente.

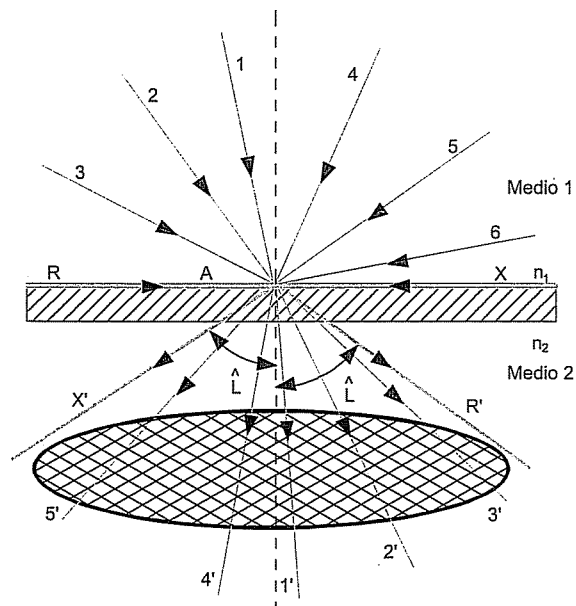


Figura 17.7. Ángulo límite.

Los rayos R y X inciden con un ángulo de 90° . Les corresponden sus rayos refractados R' y X' formando un ángulo $\hat{L}$.

Ese ángulo $\hat{L}$ se denomina **ángulo límite**, que es el ángulo de refracción correspondiente a un ángulo de incidencia de 90° .

De esta forma se observa que todos los rayos incidentes en el punto A y que proceden del medio 1, después de su refracción en el medio 2 están contenidos en un cono semiángulo con vértice A es L. Ver figura 17.7.

17.2.2. Propagación de la luz en una fibra y tipos de fibra

Cuando un rayo incide en el núcleo de la fibra pierde parte de su potencia (4%) reflejándose; sin embargo, el resto de su potencia puede entrar en ella siempre que su ángulo de incidencia sea menor a cierto ángulo α_0 . De esta forma al incidir en el punto B (frontera núcleo-revestimiento) con un ángulo α_1 mayor que el ángulo límite se reflejará manteniéndose en el núcleo.

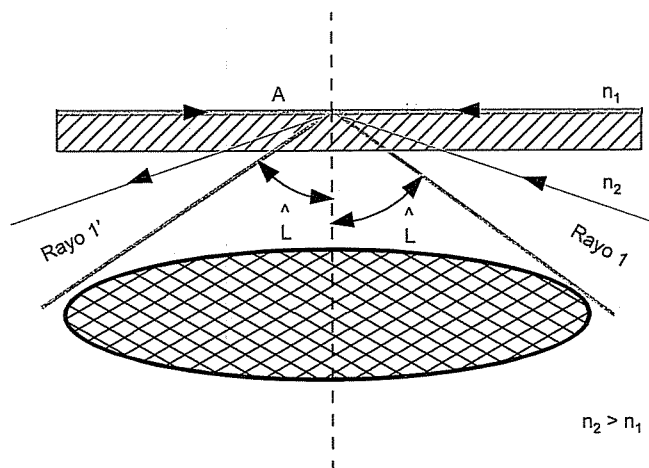


Figura 17.8. Rayo 1 incide con ángulo superior al límite y se refleja, quedando fuera del cono de aceptación.

Sin embargo, otros rayos inciden en la frontera núcleo-revestimiento (punto C) con ángulos mayores al ángulo límite y se refractan, perdiéndose en el revestimiento.

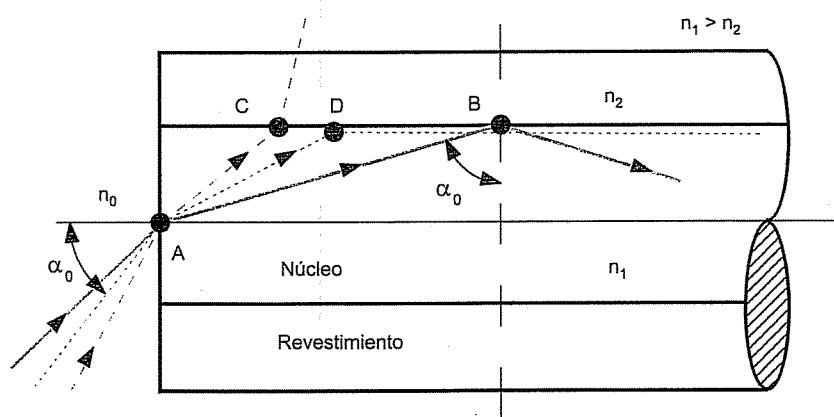


Figura 17.9. Cono de aceptación.

Lo descrito se muestra en la figura 17.9.

El parámetro característico que recoge este concepto es la **apertura numérica** de la fibra.

$$AN = n_0 \times \sin \alpha_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Se llama apertura numérica al seno del ángulo de aceptación, que es función de los valores de los índices de refracción de la fibra en el núcleo y en el revestimiento.

Los valores de la apertura numérica oscilan entre 0,1 y 0,5 y nos dan una idea de la cantidad de luz que puede aceptar la fibra.

Existen fundamentalmente dos **tipos de fibra**:

- Fibras multimodo: transmiten muchos modos.
- Fibras monomodo: transmiten un solo modo.

¿Qué es un modo?

La explicación más sencilla e intuitiva y quizás la menos técnica es imaginar que los impulsos de luz se descomponen en otros impulsos de menor potencia, que siguen distintos caminos y trayectos a lo largo de la fibra.

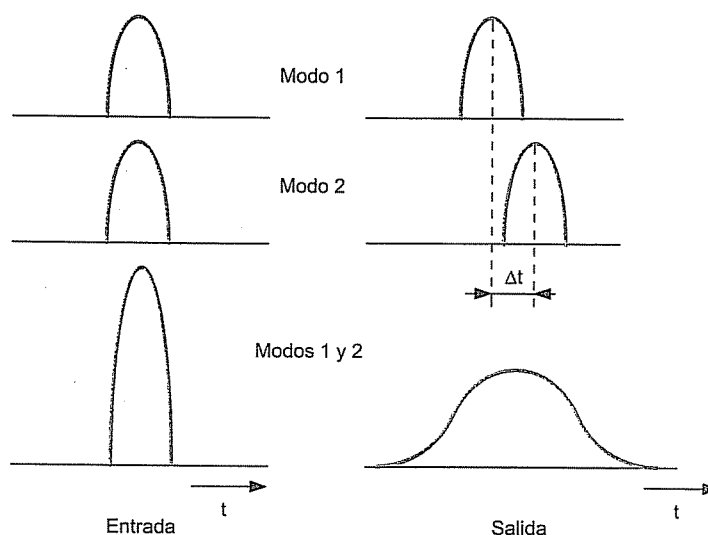


Figura 17.10. Modos de propagación.

De esta forma, las fibras multimodo transmiten múltiples modos de la luz y tienen un diámetro de 50 μm ; en las monomodo el diámetro del núcleo es de entre 5 y 10 μm .

17.2.3. Parámetros característicos de las fibras

Se caracterizan por sus **parámetros estáticos** y **parámetros dinámicos**.

Parámetros estáticos

- Los **parámetros estáticos** se mantienen constantes dentro de unas tolerancias y pueden ser de dos tipos:
 - Geométricos.
 - Ópticos.

Parámetros geométricos.

- Diámetro del núcleo: 50 μm en las fibras multimodo y entre 5 y 10 μm en las mono-modos.
- Diámetro del revestimiento. El valor del diámetro del revestimiento es de 125 μm .
- Excentricidad.
- No circularidad del núcleo.
- No circularidad del revestimiento.

Parámetros ópticos.

Los parámetros ópticos son el **perfil de índice de refracción y la apertura numérica**.

El perfil del índice de refracción nos da una idea de cómo varía el índice de refracción en el núcleo de las fibras. Da origen a dos tipos de fibras, las de **salto de escalón** o **salto de índice** y las de **índice gradual**.

Las de **salto de índice** son aquellas en las que el valor del índice de refracción en el núcleo es siempre constante.

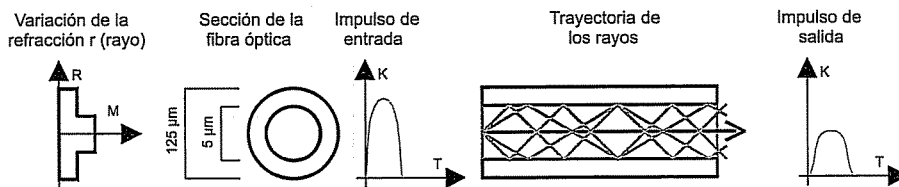


Figura 17.11. Modos transmitidos por una fibra multimodo de índice escalonado.

En la figura 17.11 se representan los diferentes caminos seguidos por los modos, viéndose cómo siguen trayectorias diferentes, por lo que llegan al extremo distante en instantes diferentes, provocando un ensanchamiento de la señal óptica transmitida.

Las de **índice gradual** intentan remediar esto. En ellas el índice de refracción varía progresivamente según nos alejamos del eje de la fibra, de esta forma se intenta retrasar a los modos más rápidos (que llegan antes al extremo), es decir los que recorren menos distancia, por lo que se aumenta la resistencia (índice de refracción) que presenta la fibra a lo largo de su eje y se disminuye el índice a medida que nos alejamos del eje.

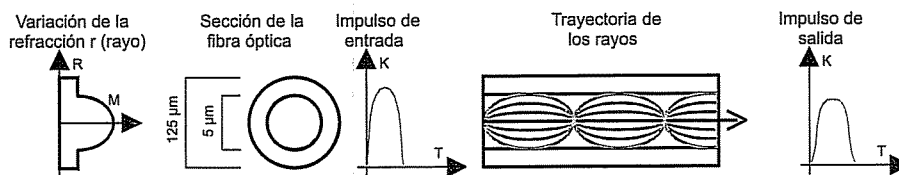


Figura 17.12. Modos transmitidos por una fibra multimodo de índice gradual.

De esta forma, el ensanchamiento resultante de la señal óptica transmitida es menor, tal y como puede observarse en la figura 17.12.

Parámetros dinámicos

Actúan a lo largo de todo el camino óptico y están en función de la longitud, son la **atenuación y la distorsión temporal (ancho de banda)**.

Atenuación.

Indica la pérdida de potencia luminosa que sufren los impulsos de luz a lo largo de la fibra, se expresa en dB/km.

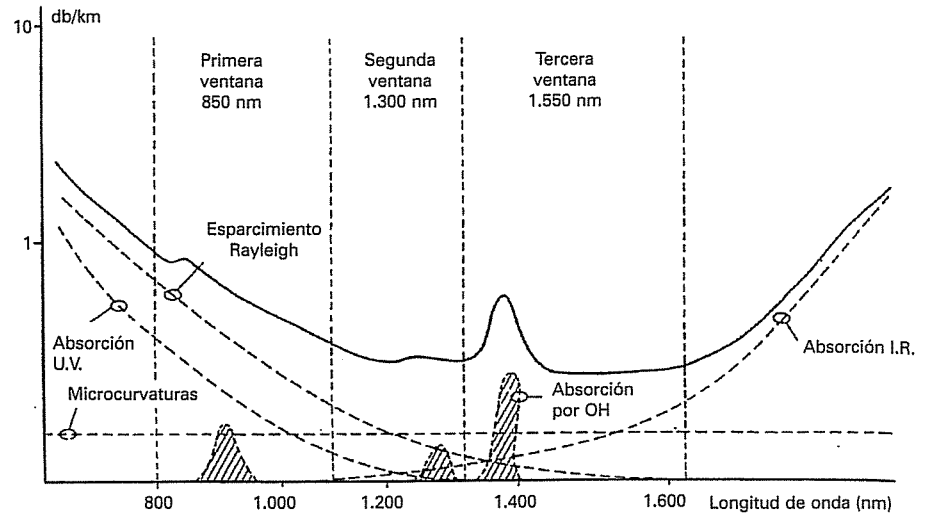


Figura 17.13. Atenuación kilométrica.

Puede observarse en la figura 17.13 que existen tres ventanas o zonas en las cuales la longitud de onda es más propicia para la transmisión de la luz

Distorsión temporal.

Expresa el grado de ensanchamiento de los impulsos luminosos a lo largo de la fibra. Dicho grado de ensanchamiento limita la capacidad de transmisión de información a velocidades elevadas, ya que los impulsos podrían llegar a solaparse unos con otros; se expresa en ns/km y MHz x km.

17.2.4. Estructura de los cables de F. O.

Los cables ópticos se constituyen por una o más fibras reunidas bajo una estructura compacta.

Se pueden distinguir tres partes diferenciadas:

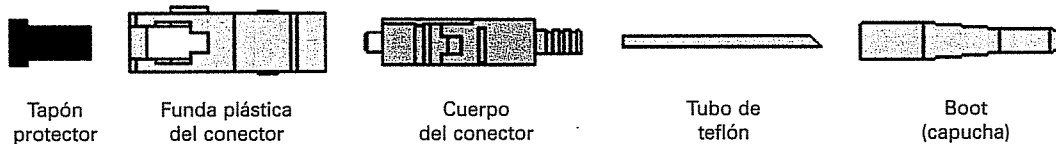
- **Elemento central de refuerzo.** Sirve para dar consistencia al cable y para dotarle de un elemento apto para soportar la tensión durante la instalación.
- **Fibra óptica.** Las fibras son protegidas para disminuir las pérdidas por curvaturas; esta protección puede ser de silicona, coloreada o no.
- **Cubierta.** El núcleo de la fibra está protegido por una cubierta, pudiendo tomar como ejemplo las cubiertas de los cables de pares AP (Alpeth), EAP, EAPAP.



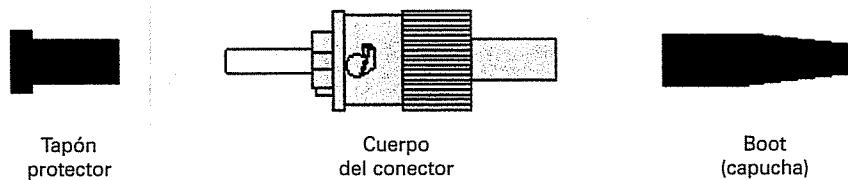
Sabías que:

La terminación de una fibra óptica se realiza mediante conectores; éstos pueden ser de distinto tipo, tal y como se muestra a continuación.

El conector de la siguiente figura se conoce como conector SC para fibra monomodo o multimodo; se utiliza habitualmente en redes de datos y para transmisión telefónica.



La figura mostrada a continuación representa un latiguillo de fibra terminado mediante un conector del tipo ST; estos tipos de conectores se utilizan habitualmente en redes de datos y redes CATV.



17.2.5. Ventajas de las fibras

- Reducido tamaño y bajo peso del cable; es la décima parte de los cables metálicos con la misma capacidad de información.
- Inmunidad al ruido e interferencias, ya que los materiales de las fibras no son conductores de la electricidad.
- Económicas. Proporcionan un ahorro comprendido entre el 40% y el 50% respecto a los sistemas equivalentes.
- Difícil de interceptar. No existe ningún sistema exterior capaz de desviar la luz sin que en el otro extremo se perciba.
- Escasa influencia de los factores ambientales. Las fibras conservan su capacidad de transporte aunque las condiciones físicas sean muy adversas.
- Mayores distancias de regeneración; alrededor de 30 km en fibras monomodo para sistemas digitales de 565 Mb/sg.

17.1 ¿Para qué se torsionan entre sí los conductores de pares simétricos?

17.2 Dibuja un esquema en el cual representes un conductor con cubierta EAP definiendo sus características principales.

Ejercicios

- 17.3 ¿Para qué se utilizan las cubiertas autosoportadas? ¿Dibuja un esquema donde representes este tipo de cubierta.
- 17.4 ¿Cómo es posible identificar un par determinado dentro de una manguera de conductores telefónicos de 25 pares? ¿Se te ocurre alguna forma de verificar la correcta identificación y si existe alguna rotura del par?
- 17.5 En las mangueras de gran capacidad, ¿cómo se identifican las diferentes unidades de pares que las forman? ¿Qué color identifica la ligadura que une a la unidad que va desde los pares 126 al 150?
- 17.6 ¿Cuál es el parámetro característico que relaciona el ángulo límite de incidencia de la luz con el índice de refracción del núcleo y revestimiento de la fibra?
- 17.7 ¿Cómo se transmite la luz en una fibra de salto de índice? ¿Qué le ocurre al impulso de salida?
- 17.8 ¿Qué ventajas aporta la utilización de fibras de índice gradual?
- 17.9 ¿Cuáles son las ventanas de transmisión óptica que se utilizan y por qué?
- 17.10 ¿Qué ventajas proporcionan las fibras con respecto a los conductores eléctricos?

