

**Medios de Transmisión por Cable**

Sr. H. Leijon, UIT



**UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS  
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION  
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**





## MEDIOS DE TRANSMISION POR CABLE

Nota:: Este documento refleja el estado en 1982. El documento debe leerse teniendo en cuenta este aspecto.

*Historia en resumen. Desarrollo de la transmisión de medios por cable dedicados a MIC (PCM) u originalmente destinados a transmisión analógica*

Algunas décadas atrás, la técnica MIC (PCM) todavía no había sido introducida en las redes de telecomunicación. Algunas de las razones principales para su introducción fueron:

- La llegada del transistor en 1956
- El creciente costo de las instalaciones de cables, especialmente en las ciudades.

MIC se introdujo como un sistema de transmisión solamente, para aumentar la capacidad de los cables pares simétricos entre centrales.

Para esta aplicación, las hoy en día clásicas relaciones de costos indicadas en la figura 1, son válidas. Por esa época, en muchos países, una pequeña pero creciente cantidad de cables pares simétricos eran ya explotados por sistemas múltiplex de tipo MDF (Múltiplexión por división de frecuencia; Frequency division multiplexing, FDM). Estos sistemas eran relativamente baratos, también para pequeñas aplicaciones de trayecto corto. Sin embargo, siempre se supo que MIC era el sistema más seguro para el futuro.

Hoy día, algunos sistemas MDF son recuperados y reemplazados por MIC, ya que la coexistencia de los dos sistemas en cables pares comunes generalmente no es aconsejable. Es innecesario decir, que la velocidad común de bit que se usó para esta aplicación fue de 1.5 ó 2 Mbit/s.

Después que, a principios de los años 70, se estandarizó el siguiente paso jerárquico, 6 y 8 Mbit/s respectivamente, el rango de medios de transmisión fue ampliado en un grado considerable, debido a los problemas de explotación de los cables par ordinarios para sistemas MIC que operaban a velocidades de bit substancialmente más altas que 2 Mbit/s.

En Suecia, la introducción de sistemas que operaban a velocidades de bit más altas que 2 Mbit/s, han coincidido con la introducción de sistemas digitales al microondas.

Aunque el nivel del sistema primario fue usado también para radio microondas digitales, fue obvio que el costo por canal era más bajo a velocidades más altas de bits.

La necesidad para enlaces de entrada a sistemas digitales de microondas operando a nivel de sistema secundario/terciario constituyó, en algunos países, la necesidad inicial para velocidades más altas de bit en cable, mientras que en otros países también surgió una necesidad de usar cables en planta de estas velocidades de bit. Ya que normalmente los tipos de cable existentes eran técnicamente muy pobres (como el cable par simétrico normal), se diseñaron nuevos cables, tanto del tipo de cable par como del tipo coaxial (como el cable microcoaxial). El cable par simétrico se usaba con una o dos direcciones en un cable.

Para velocidades de bit de tercer o cuarto orden y mayores, el cable coaxial de diámetro pequeño y el cable coaxial de diámetro normal existentes, se encontraron adecuados, técnica y económicamente. Fue recientemente que los sistemas de fibra óptica alcanzaron tal grado de economía ( en aplicaciones especiales) y madurez técnica que pudieron considerarse un medio de transmisión establecido.

Medios/sistemas de transmisión disponibles para uso en una red digital o durante una fase de conversión de analógica a digital.

**A. Cables pares simétricos originalmente destinados para uso en frecuencia de voz.**

**A.1 Características técnicas**

Los cables simétricos par “normales” son los más adecuados para sistemas primarios MIC. Esta combinación de medios/sistema es hoy bien conocida en todo el mundo . Con respecto a otras aplicaciones, ver el punto B.3. El factor limitante más severo para el uso de cables pares simétricos normales para sistemas primarios MIC es la paradiafonía (NEXT). Ver tabla 1 obtenida de GAS 3 WP C acerca de las fuentes de perturbación que afectan los sistemas que usan cable par y otros medios.

Tabla 1/B.III.4 : Fuentes de Perturbación que afectan un sistema de transmisión digital.

SISTEMA DE TRANSMISION DIGITAL USANDO:	FUENTES DE PERTURBACION					
	DISTORSION DE AMPLITUD	DISTORSION DE RETARDO	FLUCTUACIONES	RUIDO TERMICO	RUIDO DE IMPULSO	DIAFONIA
PARES SIMETRICOS EN CABLES ORIGINALMENTE DISEÑADOS PARA USO EN FRECUENCIAS DE VOZ	(1) FUERTE	DESPRECIABLE	(2) CONSIDERABLE	DESPRECIABLE	(3) FUERTE	(4) FUERTE
CABLES COAXIALES	(1) FUERTE	DESPRECIABLE	(2) CONSIDERABLE	(5) CONSIDERABLE	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE
RADIOENLACES	DESPRECIABLE	FUERTE	(6) FUERTE	FUERTE	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE
CABLES DE FIBRA OPTICA	DESPRECIABLE	CONSIDERABLE	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE	DESPRECIABLE

Tanto los cables de interconexión como los cables de la red local son usados para MIC. Dependiendo de la constitución (build-up) del cable, el problema NEXT se soluciona mediante la elección de distintas capas/ unidades para las direcciones MIC de ida y vuelta (en caso sea empleada operación de un cable).

Los parámetros del cable vitales para el planificador son la atenuación NEXT y la pérdida.

Los valores típicos de NEXT son: (en dB)

	GAS 3, típico	Medidas Suecas
Capas no adyacentes	73-75	65-90
Unidades no adyacentes	--	80-90
Capas adyacentes	62-64	60-80
Unidades adyacentes	--	70-80
La misma capa	56-58	52-70

La pérdida se mide a una frecuencia = a la mitad de la velocidad de un bit, del mismo modo que el espectro de la energía MIC se centra alrededor de esta frecuencia para la transmisión bipolar estandarizada (AMI, HDB 3).

Los valores típicos de pérdida a 1 Mhz son: (dB/km)

Calibre de hilo	Aislamiento de papel	Aislamiento de plástico
0.4 mm	24-26	19-22
0.5	19-22	15-18
0.63	15-18	12-15
0.7	13-16	11-14
0.9	11-14	8-11
1.1	9-11	

Para un cable específico, por ejemplo, con aislamiento de papel,  $C=38$  nF/km, se puede consultar diagramas como el de la figura 2.

La dependencia de la temperatura en las pérdidas asciende aproximadamente a  $2^{\circ}/00^{\circ}$  C.

El tiempo de propagación es a veces importante. Para cables pares esto es desdénable; alrededor de  $4.3$   $\mu$ s/km para hilos con aislamiento de papel y de  $5.8$   $\mu$ k/km para hilos aislados con plástico.

Los valores de impedancia típicos son de 120 - 130 ohms.

### A.2 Nivel de normalización

Aunque el cable par mediano en sí mismo no está normalizado, ha sido posible desarrollar el equipo electrónico digital para la transmisión de cable de una manera universal para uso en diferentes países, con diferentes calibres de hilo, diferentes aislantes, etc. (Más pertinente para las variaciones en el equipo electrónico son las condiciones ambientales, tales como: temperatura, humedad, sobrecargas).

### A.3 Estructura del costo, aplicaciones

La Figura 1 muestra el diagrama que condujo a la introducción de la técnica digital en el campo de las telecomunicaciones. Cabe hacer notar, que el diagrama cambiará para todos los sistemas involucrados al introducirse la conmutación digital.

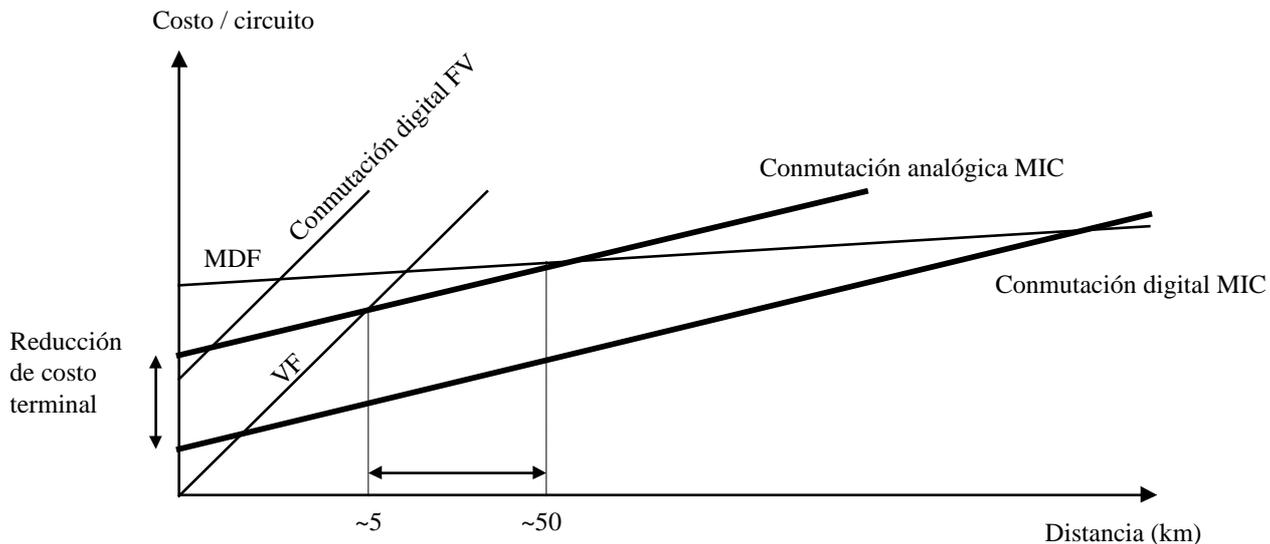


Figura 1

Efecto de conmutación digital. La distancia económicamente factible para transmisión MIC es incrementada cuando la conmutación analógica (flecha corta) es reemplazada por la digital

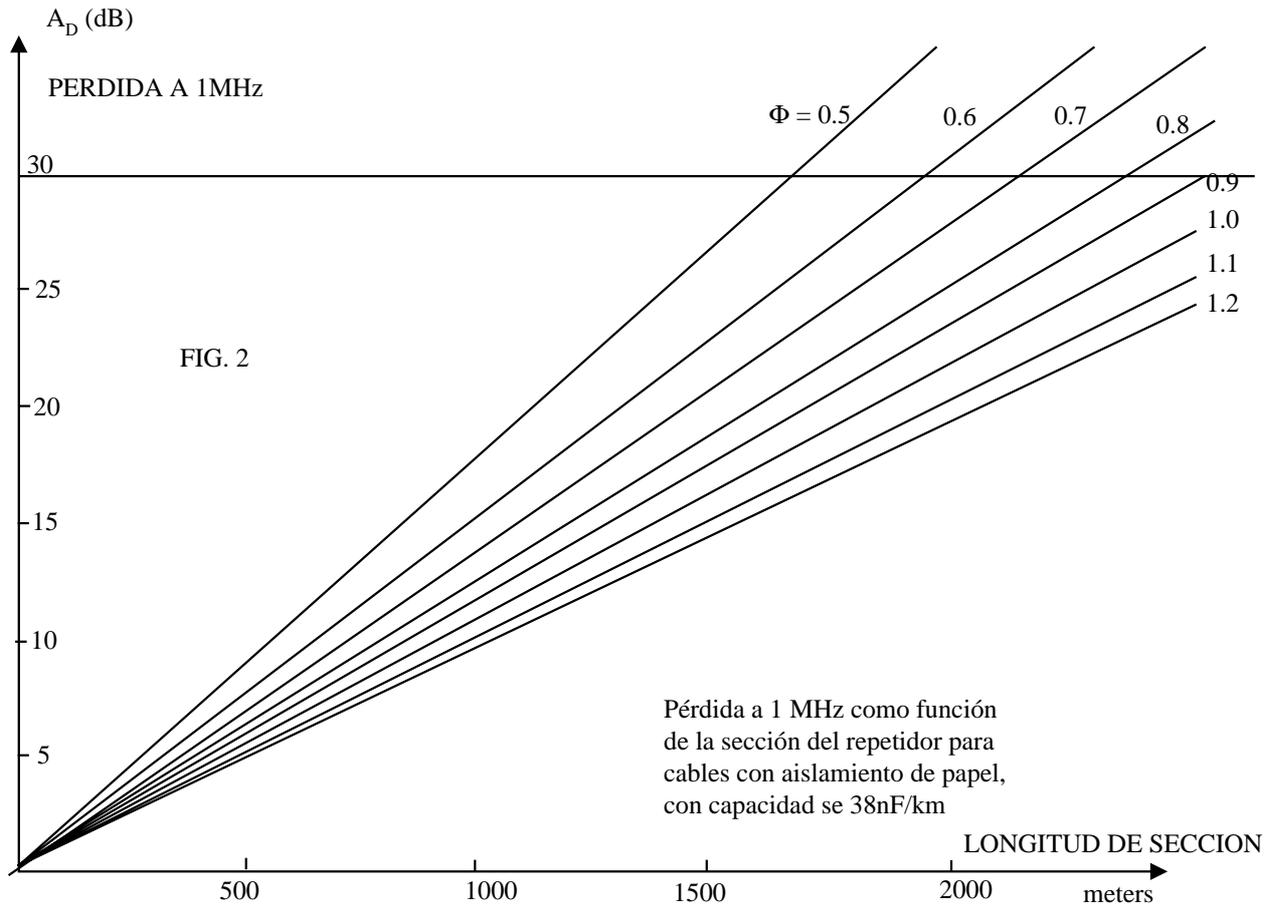


Fig. 2 : Pérdida a 1 MHz como función de la sección del repetidor

Mientras el costo de la transmisión MIC decrece, ocurre lo opuesto con la transmisión de frecuencia de voz (FV; Voice frequency, VF) y la transmisión MDF (Múltiplex por división de frecuencia; Frequency division multiplex, FDM). Por supuesto, se aplican figuras de costo intermedio con conmutación analógica en un nodo y conmutación digital en el otro nodo.

En general, los sistemas primarios MIC en cables FV normales parece que conservarán un mercado durante largo tiempo más. Las aplicaciones principales serán:

- conmutador digital a RSS (Señales de reinicializa/sincronización; Reset/synchronization signals)
- empalmes digitales
- CAP (Centralita automática privada; Private branch exchange, PABX) digital para la central local analógico/digital

si la distancia es, digamos, menor de 10 kms en áreas metropolitanas, y considerablemente mayor en áreas rurales y el circuito necesario para una ruta específica pueda cubrirse mediante MIC en cables ya existentes y/o posiblemente en un nuevo cable. Para capacidades sustanciales en la red de empalme habrá competencia con otros sistemas, como: fibras ópticas, radioenlaces de microondas digitales y posiblemente cables pares especialmente diseñados y cables microcoaxiales. Los competidores en el área rural pueden ser pequeños radioenlaces digitales (punto a punto), sistemas de radio multiacceso de abonado y cables montados en postes dedicados a MIC.

#### A.4 Ingeniería

La meta mínima comúnmente aceptada es una tasa de error de  $10^{-8}$  para una sección repetidora individual durante 90% del tiempo, o de  $10^{-7}$  durante 99.99% del tiempo. La figura anterior es usada en un manual GAS.

El planificador debe cuidar que se instale un cierto número de sistemas en un cable sin violar las metas de la tasa de error.

Para calcular el número máximo de sistemas MIC en un cable se usan muchas fórmulas. Las fórmulas usadas en Suecia son:

$$\overline{A}_N - A_L - A_{LR} - 1.6\sigma_N - X \cdot \log n \geq S/N(A_L) \quad (\text{para operación de un cable})$$

$$\overline{A}_F - 1.6\sigma_F - 10 \cdot \log(L(n-1)) \geq S/N \quad (\text{para operación de dos cables})$$

$\overline{A}_N$  = valor medio de la atenuación de paradiafonía, medido entre pares potenciales para direcciones de emisión y recepción.

$\overline{A}_F$  = valor promedio de la telediafonía (FEXT) efectiva.

$A_L$  = pérdida de cable a 1 Mhz a la longitud actual de sección

$A_R$  = pérdida adicional debido a un cambio del calibre o del aislamiento del hilo. Se establece a diferentes valores relacionados con la longitud de la parte del cable no homogéneo.

Longitud <15 m  $A_{LR} = 0$

15-40 m  $A_{LR} = 0.2$  dB

>40 m  $A_{LR} = 0.4$  dB

$\sigma_N$  = desviación estándar de  $A_N$

$\sigma_F$  = desviación estándar de  $A_F$

S/N = Mínima señal a ruido a la entrada del repetidor para la obtención de una tasa de error =  $10^{-8}$ .

n = número de sistemas MIC.

L = longitud de la sección expresada en km

Con respecto a S/N ( $A_L$ ) ver Tabla 2

Con respecto a  $X \log n$  ver Tabla 3

Tabla 2	
$A_D$	S/N ( $A_D$ )
5-20	12.0
22	12.5
24	13.1
26	13.6
28	14.2
30	14.7

S/N ( $A_D$ ) es  
aumentado por 2 dB  
para cable aéreo.

Tabla 3		
n	X registro n	Factor (x)
2	4.2	14
3	6.2	13
4	7.2	12
5	7.7	11
6	7.8	10
7	8.4	10
8	9.1	10
9	9.5	10
10	10.0	10, etc.

Procedimiento con gráficos (del GAS).

Dados los siguientes parámetros iniciales:

- tipo de cable y diámetro del conductor;
- número máximo de sistemas considerados;
- criterios de uso,

gráficos como los mostrados en las figuras 3 y 4 permiten determinar las longitudes de la sección repetidora, h en km, y la atenuación de línea de esta longitud  $\alpha h$  en dB.

Por razones de seguridad, la longitud debe reducirse en 10% en caso de existir cables aéreos los cuales, además, pueden alcanzar temperaturas más altas que los cables subterráneos.

#### *Impacto del Ruido de la Central*

Este ruido aparece (atenuado) en los pares MIC cerca a la central vía diafonía desde los pares vecinos, por ejemplo: teléfono físico o circuitos de telex o circuitos arrendados. Normalmente, a consecuencia de lo anterior, las secciones de regeneración de terminal deben ser acortadas a una longitud que corresponde a una pérdida de  $< 20$  dB, pero en centrales modernas de barras cruzadas puede ser posible una sección más larga.

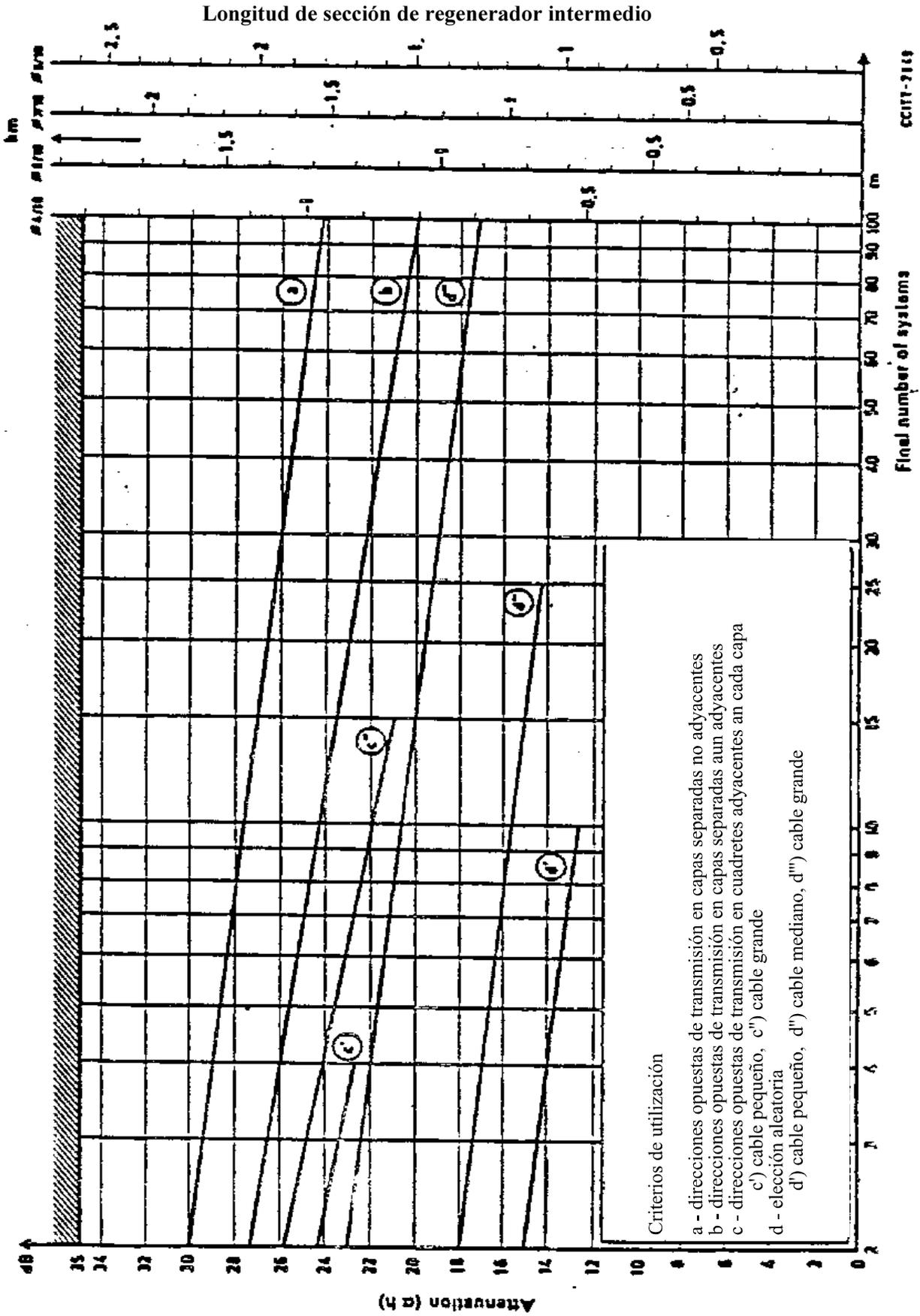


Figura 3 : Secciones de regeneración para cables cuadretes aislados por papel y aire



**B. Algunos cables simétricos dedicados a la transmisión de sistemas primarios MIC.**

**B.1 Características técnicas**

Los cables dedicados a MIC han sido desarrollados para incrementar el relleno del cable (cable fill) de sistemas MIC primarios hasta en un 100%.

Abajo se dan algunas características de tres cables suecos. Ver también la Figura 5.

Constitución	Cable 1 1 cuadrote	Cable 2 10 pares, 20 pares en 5 unidades de par	Cable 3 Unidades con pantalla 20, 40, 60, 80... pares o mitades con pantallas 36, 68, 136... pares
Diámetro de hilo (mm)	0.6	0.7, 1.0	0.5, 0.65, 0.7, 0.9, 1.2
Aislamiento de hilo	Poliétileno espesar a ser especificado para cumplir el requerimiento de capacidad		
Funda interior (mm PE)	0.6	1.4	1.4
Pantalla (mm Al)	0.15	0.20	0.1
Funda exterior (mm PE)	0.7	1.4	1.4
Capacidad (nF/km)	41 ± 1	39 ± 2	44 ± 2
Longitud de sección de repetidor (operación de un cable)	2.4 km	2.2 km (0.7 mm)	diferente para dif. diam.
Relleno de cable MIC	100 %	100 %	100 %
Rellenos de cable	aire	vaselina	compuesto repelente de agua
Barrera contra humedad	0.15 (igual que pantalla)	0.20	rollo metálico 0.18 Cu o 0.2 Al
SIGUIENTE	>60 db entre los dos pares	>60 db entre 5 unidades de pares	>90 db entre pares al lado opuesto de la pantalla

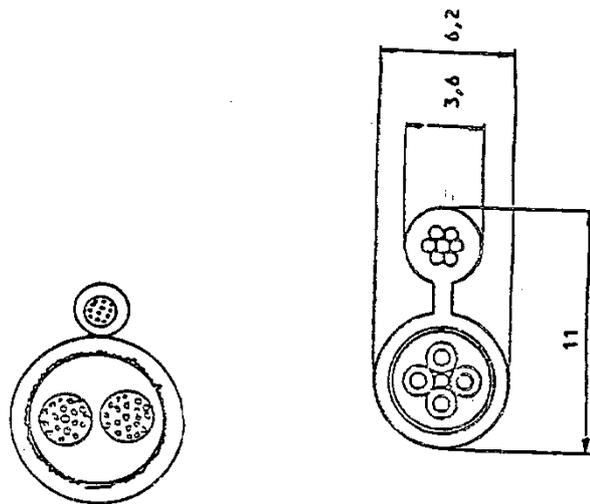


Figura 5 : Cables dedicados a MIC (capacidad pequeña/mediana)

## B.2 Nivel de normalización

Los cables antes mencionados dedicados a MIC no están normalizados internacionalmente.

## B.3 Estructura del costo, aplicaciones

La estructura del costo es similar a la de los cables pares simétricos “normales”, pero debe agregarse el costo del cable comparado con las aplicaciones MIC usando cables ya existentes. Ver Figura 6.

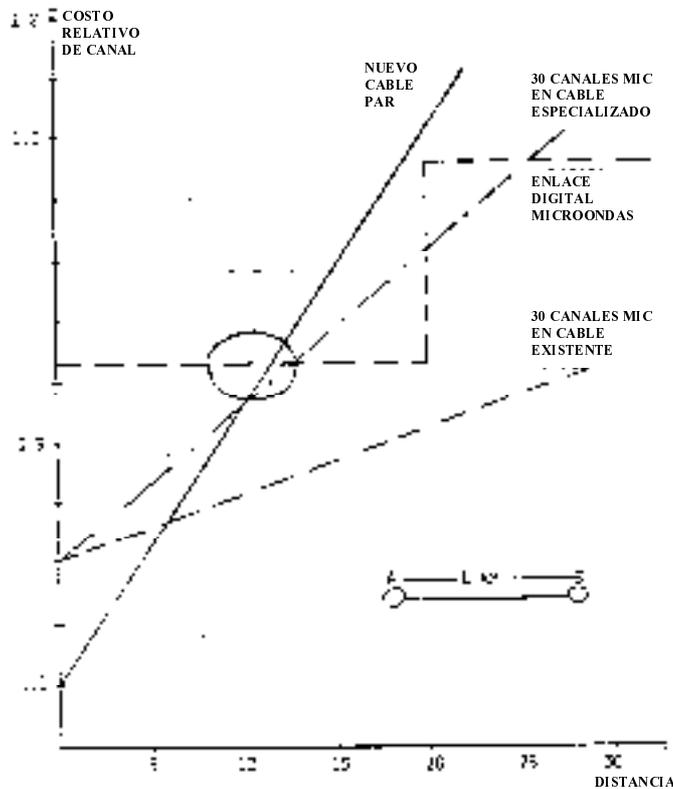


Figura 6 : Estructura de costo para una capacidad de 30 canales (ejemplo) (Centrales Analógicas)

Las aplicaciones principales son en rutas rurales aéreas de pequeña capacidad, en uso de rutas en postes existentes o en rutas metropolitanas de capacidad mediana, de corta/mediana longitud. Una tercera aplicación puede ser para enlaces de entrada de 8 Mbit/s a torres de radio, usando dos cables de operación.

Para la red local, podría considerarse, por ejemplo, cables de “bajo costo” especialmente diseñados, con el fin de portar los sistemas MIC primarios para la conexión de CPAs con una mínima necesidad de repetidores intermedios. Para conexiones de abonado digitales, operando a una velocidad de bit más baja, tal como 144 kbit/s, los tipos de cables de abonado existentes no ofrecen problemas específicos. (También se discute velocidades intermedias de bit, tales como 0.704 Mbit/s para los circuitos de abonado multiplexados, como 5 x 144 kbit/s y conexiones de baja velocidad de bit a CPAs digitales. Debido a que este tema sigue en discusión, resultaría muy prematuro en esta etapa considerar el asunto de los requerimientos de los medios de transmisión, pero sí es obvio que el diámetro mínimo de hilo de 0.5 mm se prefiere para esta velocidad de bit).

## B.4 Ingeniería

Si los cables son exclusivamente usados para MIC, se podrá desdeñar el impacto del ruido de impulso, habilitando secciones de extremo de longitud completa.

**C. Cables par especiales para la transmisión de 8 Mbit/s y 34 Mbit/s.**

**C.1 Características técnicas**

A continuación se ofrecen datos acerca de un cable danés que ha estado en uso desde 1977:  
constitución 4 o 6 unidades con pantalla, cada una de 5 cuadretes

diámetro del hilo 0.9 mm

aislamiento del hilo 0.5 mm espumado (foamed) PE, mismo color para todos los pares

pantalla (screen) dos Cu-pantallas 0.5 mm  
pantalla exterior 0.15 mm Al, parte de la cubierta exterior  
(outer screen)

SIGUIENTE 13 MHz (4B3T-kod);  
>139 dB  
4.2 MHz >140 dB

relleno del cable MIC 8 Mbit/s 100 %  
34 Mbit/s 50 hasta posiblemente 100 %, dependiendo del empalme

pérdida 16.4 dB/km at 4.2 MHz  
31.3 dB/km at 13 Mhz

**C.2 Nivel de Normalización**

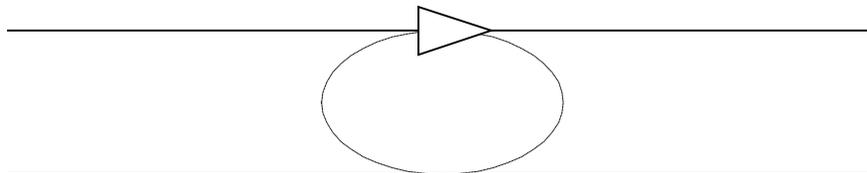
El uso del cable mencionado no está recomendado internacionalmente ni normalizado . En la Rec. G612 CCITT se incluye siete tipos de cable par y dos tipos de cable cuadrete para operación de dos cables. Por lo tanto, no se dispone de un estándar uniforme.

**C.3 Estructura de costo, aplicaciones**

La estructura del costo tiende a aproximarse, al menos durante algunos años, a la estructura de la fibra óptica. Es también similar en costo al cable microcoaxial. Ver punto E.3. Una aplicación típica puede ser en la red troncal de trayecto corto.

**C.4 Ingeniería**

Además de otros aspectos, al planificar los sistemas de 2 Mbit/s debe considerarse cuidadosamente la telediafonía y la paradiafonía entre la salida y la entrada de un repetidor específico. Esto implica restricciones en la ganancia del repetidor para reducir el llamado NNEXT:



Requiere atención especial el proceso de empalme a fin de evitar distancias cortas entre las unidades no apantalladas. Ver Figura 7.

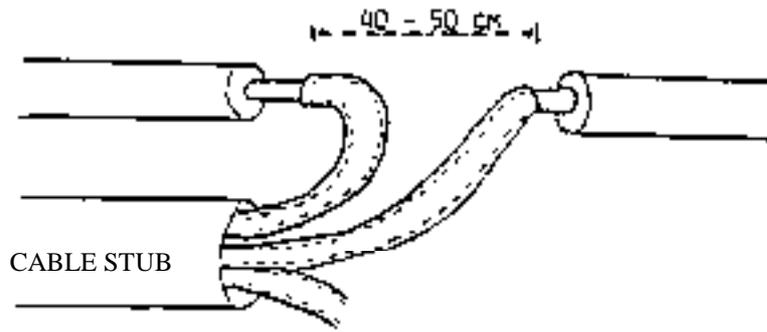


Figura 7 : Empalme

## D. Cables coaxiales

### D.1 Características técnicas

Los cables coaxiales se especifican en la Rec. G621-623 de CCITT. Para estos cables no será ningún problema el uso de:

- Cables microcoaxial hasta 34 Mbitios y posiblemente también de 140 Mbit/s;
- Cables microcoaxial de pequeño diámetro hasta 565 Mbit/s.
- Cables microcoaxial de diámetro normal hasta 565 Mbit/s o velocidades de bit aún más altas.

Pueden encontrarse ciertos problemas al usar cables viejos no-CCITT, debido a sus irregularidades de impedancia. Si las irregularidades fuesen periódicas, con respecto a la distancia entre ellas fueran periódicas (por ejemplo empalmes), pueden ocurrir picos de atenuación muy agudos a frecuencias allá donde la señal reflejada (como un eco hacia adelante, ver Figura 8) y la señal original tienen fase opuesta, ver Figura 9.

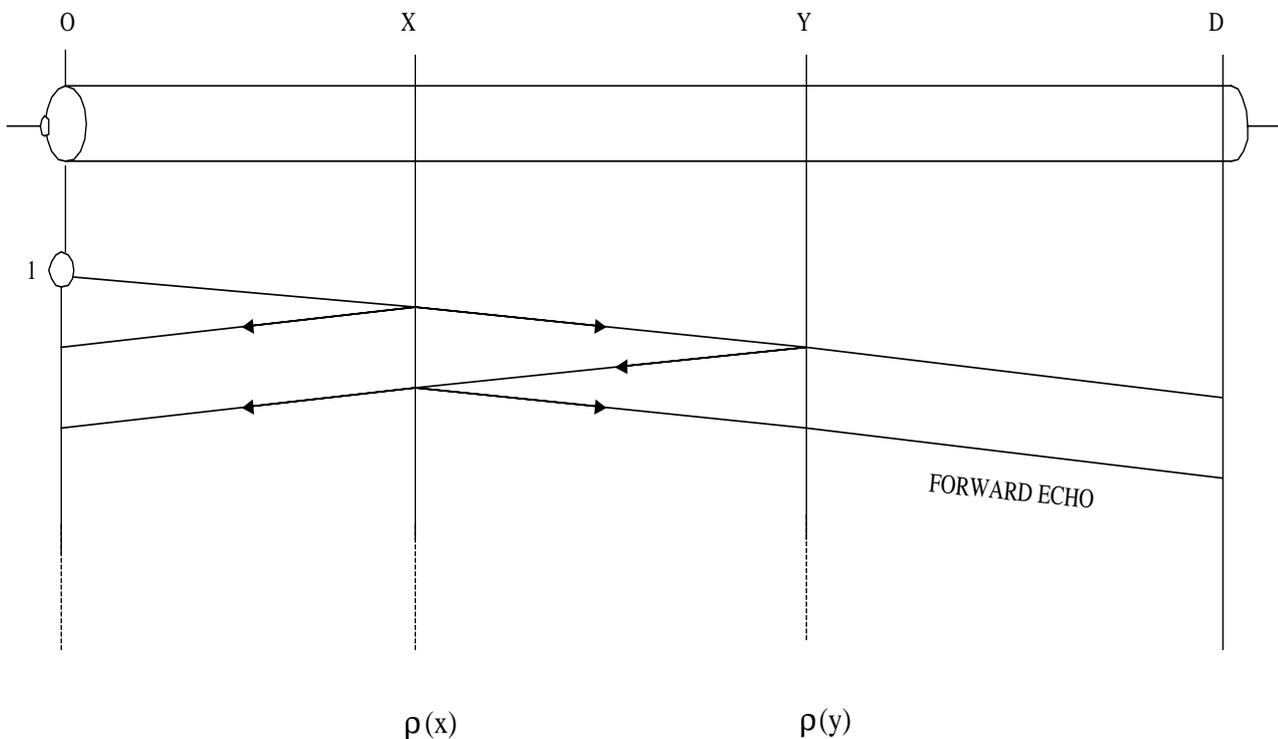


Figura 8 : Cable Coaxial - Irregularidades de Impedancia

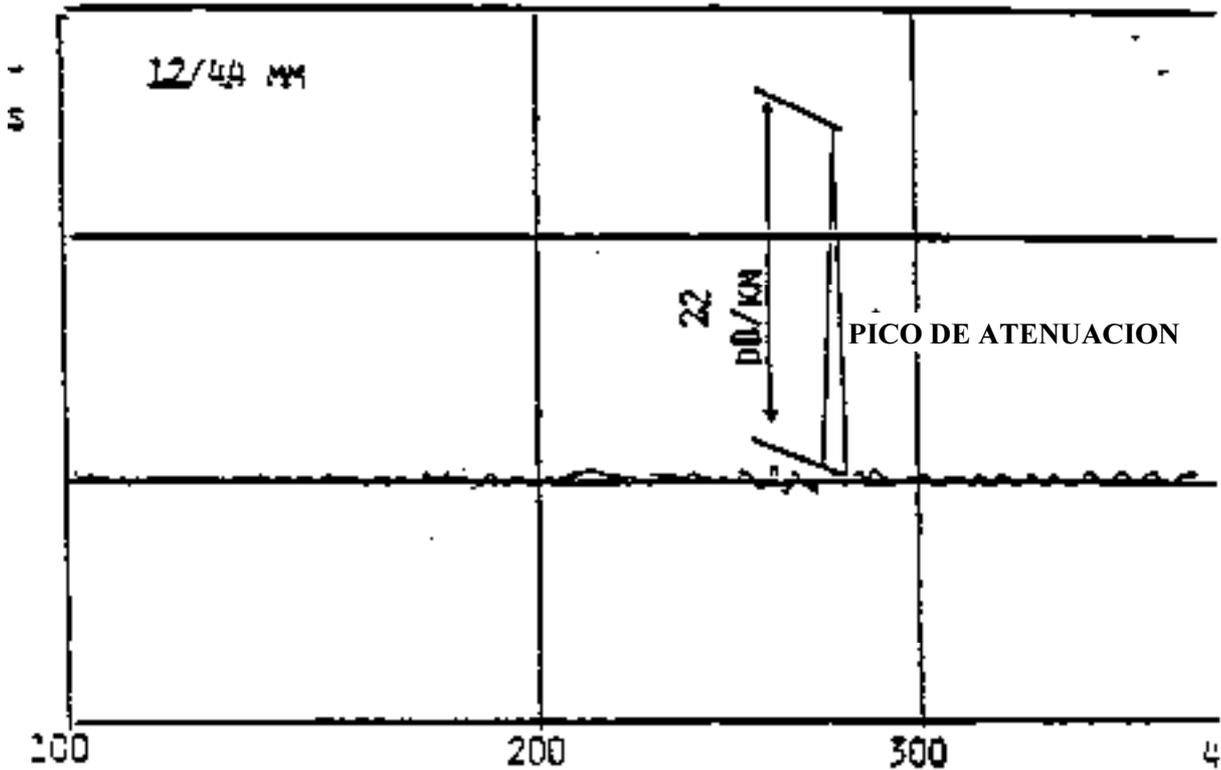


Figura 9 : Cable Coaxial - Irregularidades de Impedancia

**D.2** Nivel de normalización

Ver punto D.1.

**D.3** Estructura del costo, aplicaciones

Es necesario distinguir entre el caso de cables coaxiales existentes (equipados parcial o totalmente con sistemas MDF a ser convertidos a sistemas MDT -Multiplexación por división en el tiempo; Time division multiplexing, TDM-) y un sistema nuevo de cables coaxiales. Si el cable ya existiera, equiparlo con sistemas MDT sería una alternativa muy competitiva para las rutas LD y los enlaces de entrada a las estaciones de radio. Si se requiere un nuevo cable coaxial, puede resultar mucho más caro el sistema de cable coaxial que el uso de un sistema de fibra óptica, según se muestra en la figura 10.

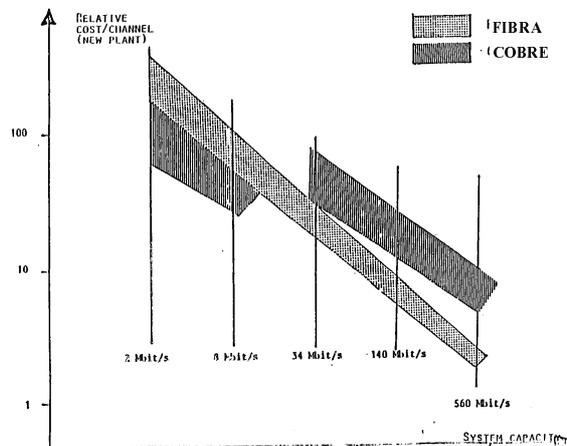


Figura 10 : Costo Relativo/Canal (nueva planta) / Capacidad del Sistema

**D.4** Ingeniería

Ver el punto D.1 con respecto a posibles problemas que se hallan al explotar los cables coaxiales de viejo tipo. De lo contrario, la ingeniería es similar a la de los sistemas MDF en lo referente a alimentación de energía etc. Sin duda, los sistemas se han diseñado para ser compatibles con las longitudes de sección del repetidor para sistemas MDF, con una capacidad de canal correspondiente o ligeramente más alta.

**E. Sistemas de fibra óptica**

**E.1 Características técnicas**

Las características del sistema de fibra óptica son:

- baja pérdida.
- amplia anchura de la banda
- diámetro pequeño.
- bajo peso
- radio de dobléz pequeño (small bending radius)
- libertad de diafonía.
- inmunidad contra perturbaciones electromagnéticas

Estas propiedades ofrecen un gran número de beneficios como medio de transmisión, tales como:

- espaciamento largo del repetidor
- amplia capacidad de transmisión
- simplicidad de instalación

La configuración del sistema de transmisión de fibra óptica se ilustra en la Figura 10a y en la Figura 11 se da la constitución (build-up) de un cable típico. La parte óptica comprende núcleo y revestimiento.

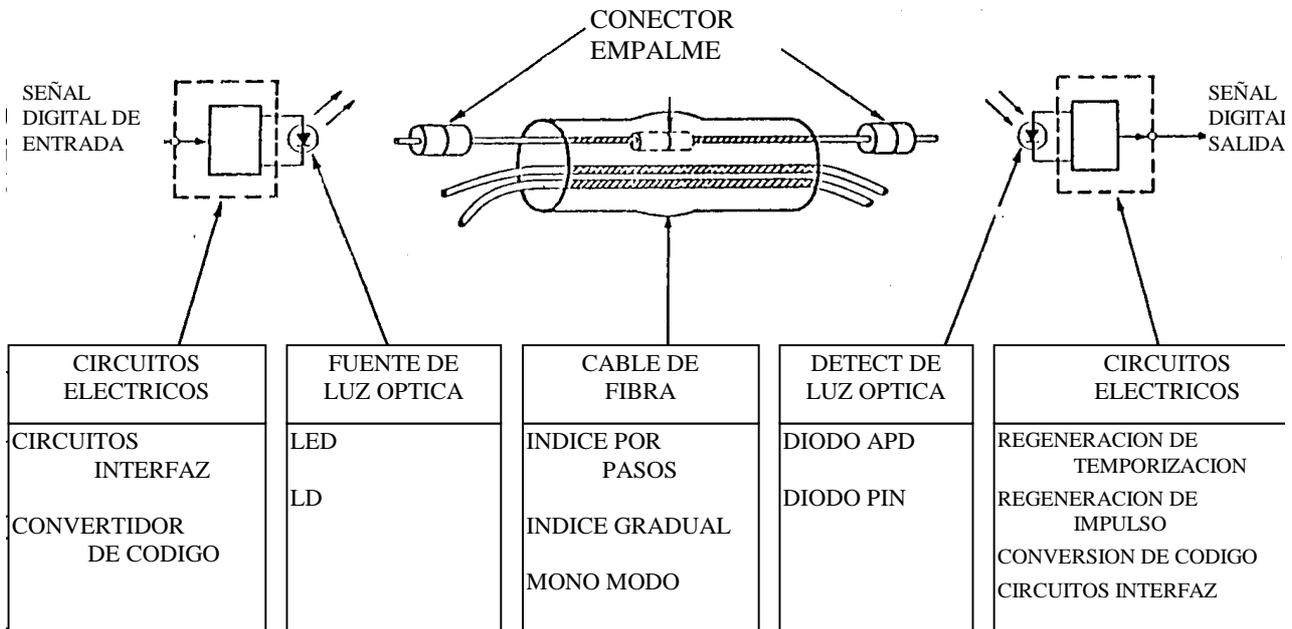


Figura 10a :Sistema de Fibra Optica, Configuración Básica

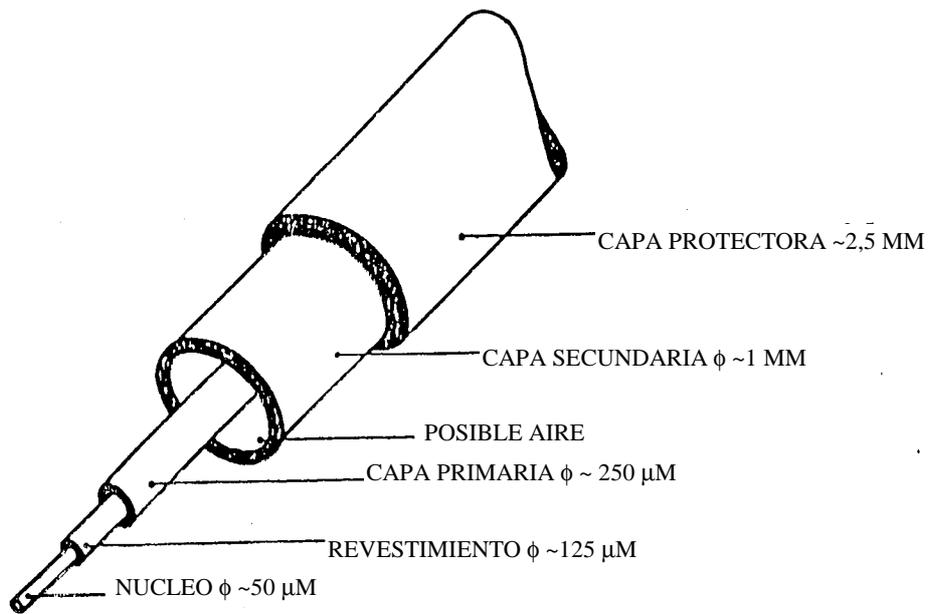


Figura 11 : Cable de Fibra

Las fibras ópticas se clasifican según los siguientes aspectos (ver ejemplo en Figura 12).

- Modo de propagación: a) Multimodal b) unimodal
- Perfil de índice refractivo a) Índice gradual b) Índice por pasos
- Material

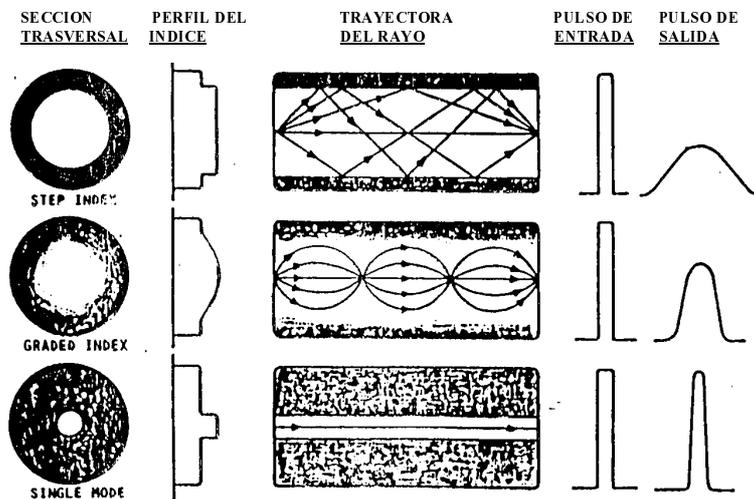


Figura 12 : Resumen, Tipos de Fibras

Con respecto a la pérdida, la atenuación de la fibra varía, actualmente, entre 0.2 y 10 dB/km en el rango de longitud de onda de 0.8-1.7  $\mu\text{m}$ . Un factor principal causante de pérdida es la absorción. Ver Figura 13.

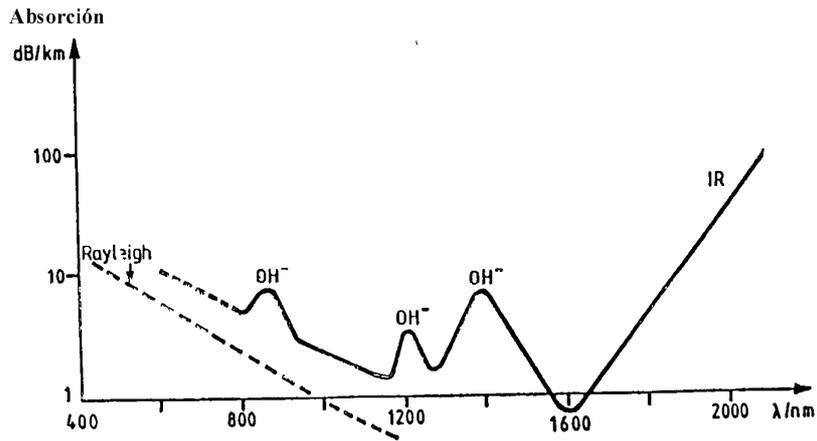


Figura 13 : Absorción

Existen dos fuentes de luz adecuadas para los sistemas de transmisión. Son el LED (Diodo de emisión luminosa; Light emitting diode) y el LD (Diodo laser; Laser diode) Ver Figura 14.

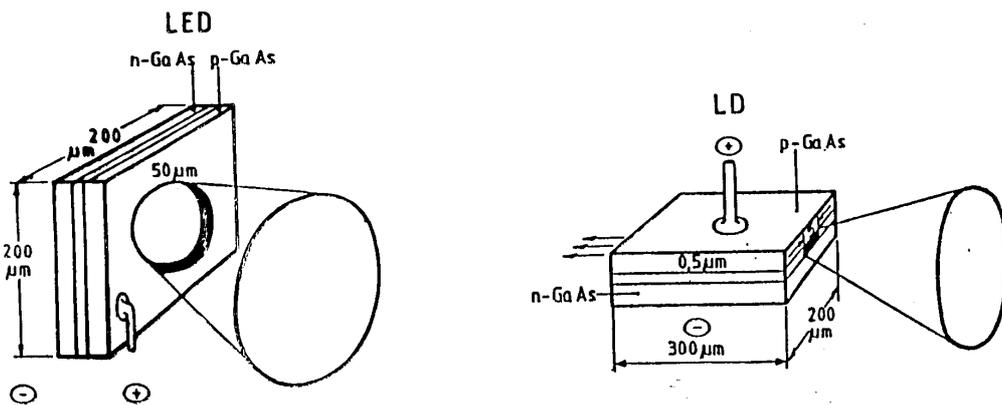


Figura 14 : Transmisores Opticos

Los convertidores O/E (opto-eléctricos) adecuados son los PD (Foto diodo; Photo diode) y la APD (Avalancha de foto diodos; Avalanche photo diode). En la Figura 15 se da alguna información típica sobre sistemas de fibra óptica.

SISTEMA → PARAMETRO ↓	45 Mbit / s					140 Mbit / s				
	LD / APD SW / GI			LD / PIN-FET LW / GI		LD / APD SW / GI			LD / PIN-FET LW / SM	
LONGITUD DE ONDA (nm)	830			1300		830			1300	
POTENCIA MEDIA DE SALIDA <sup>1)</sup> (dBm)	-3			-3		-3			-10	
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR <sup>1, 2)</sup> (dBm)	-50			-41		-42			-37	
PERDIDAS DEL CONECTOR (dB)	2			2		2			2.5	
ANCHO DE BANDA DE LA FIBRA <sup>3)</sup> (Mhz * km <sup>γ</sup> )	700	400	400	1000	700	700	600	400	>1000 0	>1000 0
ATENUACION DE LA FIBRA <sup>4)</sup> (dB / km)	2.4	2.7	3.5	0.7	1.0	2.4	2.7	3.5	0.5	0.8
ATEN. SUM. EN 830 nm (dB / km)	0.3			-		0.3			-	
PERDIDAS DE EMPALME (dB / km)	0.2			0.2		0.2			0.25	
MARGEN DE REPARACION DE EMPALME (dBm)	0.2			0.2		0.2			0.25	
MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	3			3		3			3	
ESPACIAMIENTO DE REPETIDORES (km)	13. 5	12. 3	10. 0	30.0	23.6	11. 0	10. 0	8.1	21.5	16.5

- 1) cifras del peor caso, incluye margen de degradación
- 2) incluye margen de dispersión
- 3)  $\gamma = 0.7 - 1.0$  dependiendo del ancho de banda y de la longitud de onda
- 4) fibra cableada a 850 nm o 1300 nm

Figura 15

## E.2 Nivel de normalización

El nivel de normalización alcanzado hasta este momento (1982) es bajo, pero hay un tipo de fibra, cuyos estudios de aplicación práctica son los más avanzados, que pueden encontrarse en la REC. G.651 "Características de cables de fibra óptica de índice gradual 50/125  $\mu\text{m}$ ".

## E.3. Estructura del costo, aplicaciones

En las Figuras 16 y 17 las comparaciones con cable par existente y cable par especial tienden a indicar una economía al menos a la velocidad de bit de 34 Mbit/s.

Otras comparaciones indican un área de aplicación principal, actualmente en redes metropolitanas.

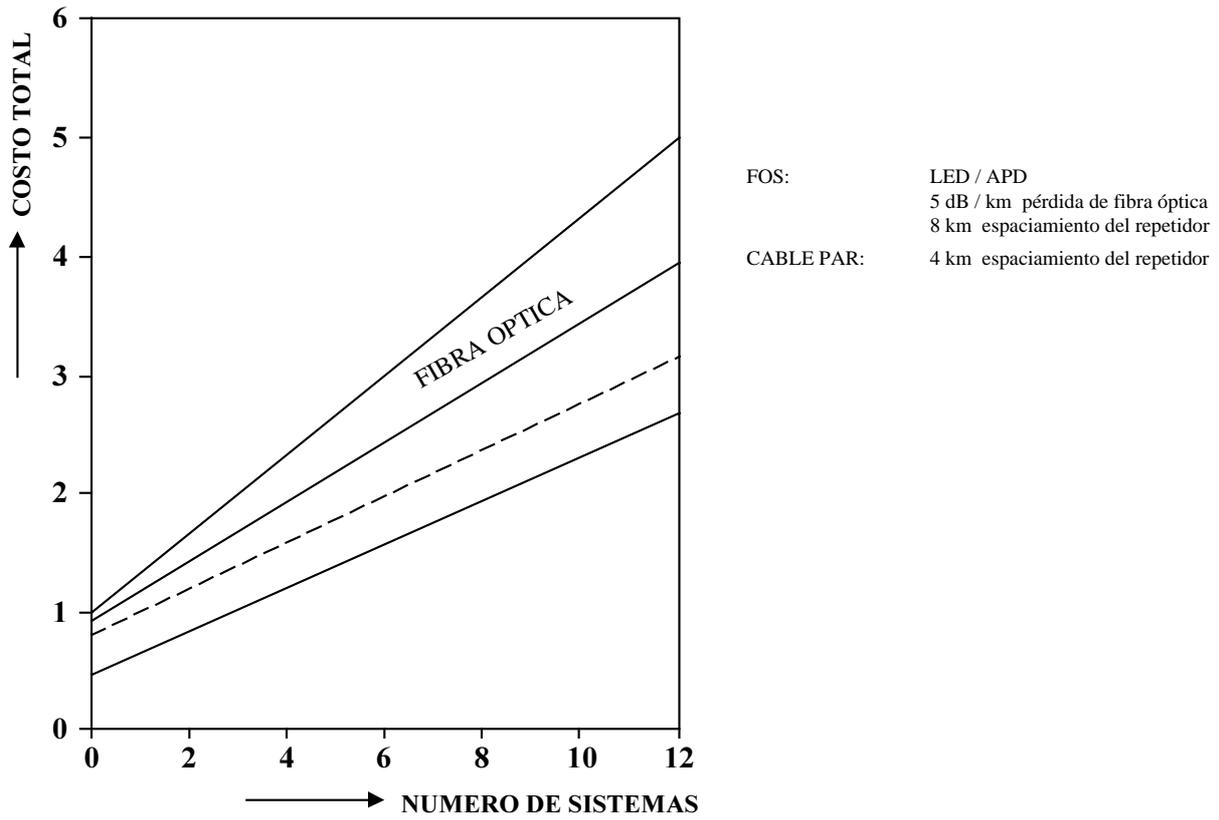


Figura 16 : 8 Mb/s - FOS vs Cable Par Especial

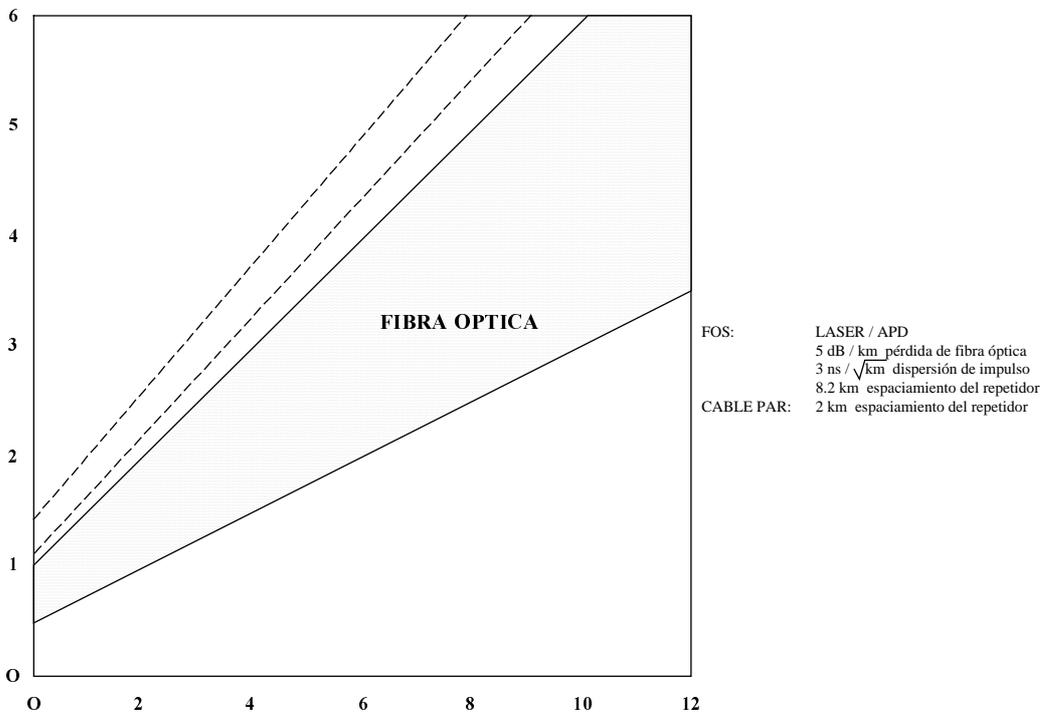


Figura 17 : 34 Mb/s - FOS Vs Cable Par Especial

**F Resumen (Jerarquía CEPT)**

En la Figura 18 se ofrece un resumen de los sistemas de transmisión MIC hasta de 140 Mbit/s. El resumen que corresponde a los medios de transmisión se halla en la figura 19 y sobre longitud de sección repetidora relevante en la Figura 20.

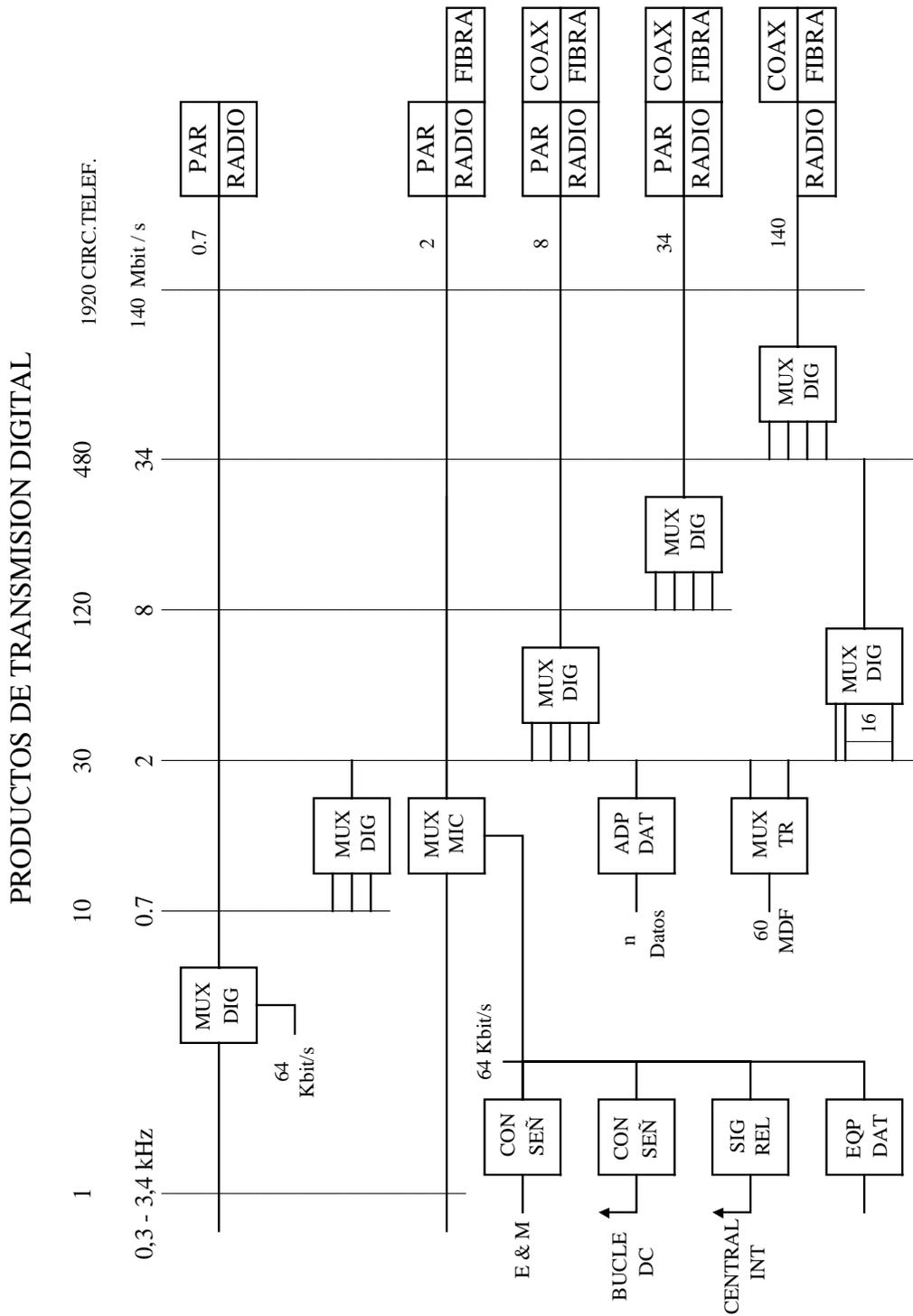


Figura 18 : Productos de Transmisión Digital

SISTEMA		MEDIO	MEDIO APROPIADO PARA ENLACES DE ENTRADA A SISTEMAS DIGITALES DE MICROONDAS
MBIT / S	CIRCUITOS/SISTEMA		
2	30	cable par simétrico normal, cable par simétrico dedicado, microondas digital . (fibra óptica)	cable par simétrico (normal - dedicado)
8	120	Microondas digital. fibra óptica cable microcoaxial cable par simétrico especial	cable par especial. cable par dedicado (operación a dos cables). cable microcoaxial fibra óptica.
34	480	igual que para 8 Mbit / s + cable coaxial de pequeño diámetro.	cable par especial. cable coaxial de pequeño diámetro/microcoaxial. fibra óptica
140	1920	Microondas digital. cable coaxial de diámetro pequeño/normal fibra óptica	cable coaxial de diámetro pequeño / normal. fibra óptica
560	7680	cable coaxial de diámetro normal.	

Figura 19 : Medios de Transmisión para Sistemas MIC (Jerarquía CEPT)

SISTEMA MIC (JERARQUICO) número de canales	1 30	2 120	3 480	4 1920	5 7680
Cables pares SIMETRICOS "Normales"	1.2 - 3 km (operación de un cable)	1 - 2 km (operación de dos cables)			
Cables pares especiales con pantalla (screened)		≤ 4 km	≤ 2 km		
Cables microcoaxiales		≤ 4 km	≤ 2 km	~ 1 km	
Cables coaxiales de pequeño diámetro		≤ 8 km	≤ 4 km	≤ 2 km	
Cables coaxiales de diámetro normal		~ 18,5 km	8 - 9 km	4 - 4.6 km	1.5 - 1.6 km
Cables de fibra óptica 4 dB / km, 850 nm	~ 10 km	~ 9 km (LED)	~ 8 km (LASER)	~ 7 km (LASER)	
MICROONDAS Digital	←	5 - 50 km	→		

Figura 20 : Longitudes de Sección de Repetidor (guía)