



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**"INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE MEDICIÓN
DE UN CIERRE TIPO FOSC 450 BS PARA
USO EN REDES PASIVAS ÓPTICAS DE ALTA
VELOCIDAD"**

T E S I S PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA
ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA**

**PRESENTA:
ZAMORA BLANCAS JUAN OCTAVIO**

ASESOR DE TESIS: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS.

ESTADO DE MEXICO, OCTUBRE DE 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimiento

A mis padres

Con la mayor gratitud por los esfuerzos realizados para que yo lograra terminar mi Carrera Profesional, siendo para mí la mejor herencia.

A mi madre que es el ser más maravilloso del mundo, gracias por el apoyo moral, su cariño y su comprensión que desde pequeño me ha brindado, por guiar mi camino y estar siempre junto a mí en los momentos más difíciles.

A mi padre porque desde pequeño ha sido para mí un hombre grande y maravilloso, y siempre he admirado. Gracias por guiar mi vida con energía, esto es lo que ha hecho de mí lo que soy.

A mi novia

Por el apoyo recibido durante mi carrera, la confianza brindada aun en momento difícil y en especial por tu cariño, para el cual no existe palabras que exprese lo que ha significado en el transcurso de mis estudios, por esto y mucho más, mi más profundo agradecimiento.

Gracias por todo lo que me han dado, con amor respeto y admiración.

Juan Octavio Zamora Blancas

Agradezco profundamente al Ing. Benito Barranco Castellanos por su invaluable colaboración en el desarrollo de esta tesis, de igual forma su amistad y sobre todo por su paciencia. También doy gracias a todos mis profesores que me apoyaron durante mi estancia en la FES Aragón, al comité tutorial por todos los comentarios que enriquecieron este trabajo.

"INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE MEDICIÓN DE UN CIERRE TIPO FOSC 450 BS PARA USO EN REDES PASIVAS ÓPTICAS DE ALTA VELOCIDAD"

Índice	V
Objetivo	XIII
Introducción	XIV
Capítulo 1 Red de Fibra Óptica Pasiva	1
1.1 Introducción	1
1.2 Medios de transmisión	2
1.2.1 Tipos de medios de transmisión	2
1.2.2 Medio de Transmisión Par físico	3
1.2.3 Medio de Transmisión Espacio aéreo	5
1.2.4 Medio de Transmisión Fibra óptica	6
1.2.5 Sistema de transmisión por fibra óptica	7
1.3 Refracción, Reflexión y Difracción	9
1.3.1 Reflexión de la luz	9
1.3.2 Refracción	10
1.3.3 Difracción	10
1.3.4 Índice de refracción	11
1.4 Velocidades de Transmisión y Ancho de Banda	14
1.4.1 Tipos de técnicas	14
1.4.2 Modulación	15
1.4.3 Etapas para la transmisión por multiplexaje	16
1.4.3.1 Técnicas de multiplexaje	16
1.4.3.2 Etapas de multiplexaje (FDM)	17
1.4.4 Conversión de digital a analógica	18
1.4.5 Ancho de banda	19
1.4.6 Ancho de pulso	19
1.5 Atenuación	20
1.5.1 El dB (decibel)	20
1.6 Frecuencia y longitud de onda	22
1.6.1 Frecuencia	22
1.6.2 La longitud de onda (λ)	23
1.6.3 Espectro expresado en longitudes de onda	24
1.7 LASER vs LED	26
1.7.1 Emisor láser	27
1.7.1.1 Clasificación del láser	28
1.7.2 LED	29
1.8 Ley de SNELL	30
1.9 Reflexión de Fresnel	32
1.10 Dispersión de Rayleigh	35
1.10.1 Perdidas por dispersión de Rayleigh	36
1.11 Fibra óptica	36
1.11.1 Funcionamiento de la fibra óptica	37
1.11.2 Fibra Monomodo	38
1.11.3 Fibra Multimodo	40
1.11.4 Angulo de aceptación	41
1.11.5 Apertura numérica	42
1.11.6 Tipos de Dispersión en las fibras ópticas	42
1.11.7 Ventanas de Operación	47
1.11.8 Perdidas en las fibras	50
1.12 Tecnología de Red Óptica Pasiva	53
1.12.1 Escenarios de fibra óptica	53
1.12.2 Arquitectura de Red	55

1.12.3	Topología de red centralizada y Red distribuida	57
1.12.4	Elementos de la Fibra óptica pasiva	58
1.12.5	La OLT	59
1.12.6	La ONT	61
1.13	Tipos de cable de Fibra Óptica Pasiva	62
1.13.1	Clasificación de los cables de Fibra Óptica	63
1.13.2	Estructura de los cables	67
1.13.3	Estructura del cable canalizado	74
1.13.4	Estructura del cable aéreo	74
1.13.5	Estructura del cable enterrado	75
1.13.6	Estructura del cable de uso interior	75
1.13.7	Código de colores para tubos holgados	76
1.13.8	Código de colores para las fibras	78
1.14	Tipos de Conectores	80
1.14.1	Los conectores LC	81
1.14.2	Los conectores SC	82
1.14.3	Conector Plano	83
1.14.4	PC (PhysicalContact – Contacto Físico)	83
1.14.5	UPC Color azul (Ultra PhysicalContact – Ultra Contacto Físico)	83
1.14.6	APC Color Verde (AnglePhysicalContact – Angular Contacto Físico)	84
1.14.7	La ferrule	85
	Capítulo 2 Instalación y pruebas de medición a la fibra óptica pasiva	86
2.1	Introducción	86
2.2	Planta Externa	87
2.2.1	Red Centralizada	87
2.2.2	Red Distribuida	88
2.2.3	Elementos de una Red Óptica Secundaria	89
2.2.4	Instalación del cable aéreo	96
2.2.5	Alturas de instalación de acuerdo a la normatividad NOM001 SEDE 1999	97
2.2.6	Distancia interpostal flechas y tensiones de instalación	104
2.2.7	Ubicación de cierres de empalme y puntos de dispersión	114
2.2.8	Tipos de Empalme	115
2.2.9	Tipos de Caja Terminal Óptica	117
2.2.10	Tipos de cierres para Fibra Óptica Pasiva con divisores	121
2.3.	Mediciones Ópticas	123
2.3.1	Equipos OTDR en Redes Ópticas Pasivas	123
2.3.2	Fuente Luz y Medidor de Potencia	125
2.3.3	Bobina de prueba o de lanzamiento	127
2.3.4	Eventos de la red óptica en el OTDR	129
2.3.5	Zona muerta	131
2.4	Método de Inserción y Retrodispersión	132
2.4.1	Medición de atenuación por el método de inserción	132
2.4.2	Medición de atenuación por el método de Retrodispersión	134
2.5	Protocolo #9 para enlaces de Fibra Óptica	136
2.5.1	Principales características ópticas de los cables utilizados	138
2.5.2	Recepción del Enlace	139
2.6	Presupuesto de Pérdida	146
2.7	Parámetros y valores de atenuación	148
	Capítulo 3 Cierre para fibra óptica tipo FOSC 450 BS	152
3.1	Introducción	152
3.2	El cierre FOSC 450 BS	153
3.3	Características del cierre FOSC 450 BS	154

3.3.1	Dimensiones	154
3.3.2	Cantidad de puertos (accesos)	155
3.3.3	Cantidad de charolas que se pueden colocar	156
3.3.4	Materiales, herramientas y equipo requerido	156
3.4	Componentes del cierre FOSC 450 BS	160
3.4.1	La charola adicional	162
3.4.2	El divisor óptico	163
3.5	Trazado del cable de fibra óptica	163
3.6	Ruta, orden y colocación de la fibra en la charola	165
3.7	Preparación de las fibras para los divisores	167
3.7.1	Acomodo de fibras de salida de la charola	171
3.7.2	Identificación y colocación de fibras en la charola	173
3.7.3	Identificación de fibras en los divisores y cables de fibra óptica	174
3.8	Instalación del cierre FOSC 450 BS	175
3.8.1	Preparación y fijación de cables de fibra óptica en el cierre	178
3.8.2	Acomodo y fijación de los tubos holgados en la canasta del cierre	181
3.8.3	Fijación del tubo holgado y tubo de transporte en la charola del cierre	183
3.8.4	Acomodo de fibras y empalme de fusión en las charolas	186
3.8.5	Ensamble del cierre	188
3.8.6	Fijación del cierre en el poste	191
3.8.7	Fijación del cierre en el pozo	191
3.9	Etiquetado de las fibras ópticas dentro del cierre	192
3.10	Etiquetas y bloques de empalme	193
3.11	Prueba de Hermeticidad del cierre FOSC 450 BS	194

Índice de figuras

Figura 1.1.	Sistema de Transmisión Básico.	2
Figura 1.2.	Tipos de medio de transmisión.	3
Figura 1.3.	Efecto resistivo.	4
Figura 1.4.	Vista transversal y longitudinal.	4
Figura 1.5.	Valores de red.	4
Figura 1.6.	Campo magnético en un conductor.	5
Figura 1.7.	Diagrama básico de transmisión aérea.	5
Figura 1.8.	Fibra Óptica.	6
Figura 1.9.	Sistema de Transmisión por Fibra Óptica.	7
Figura 1.10.	Diagrama a boque de transmisión de fibra óptica.	8
Figura 1.11.	Reflexión de la luz.	9
Figura 1.12.	Refracción de la luz.	10
Figura 1.13.	Difracción de la luz.	10
Figura 1.14.	Señal electromagnética.	11
Figura 1.15.	Tipos de señales.	13
Figura 1.16.	Esquema de Modulación.	15
Figura 1.17.	Diagrama a bloques de multiplexaje.	17
Figura 1.18.	Esquema de un multiplexor.	18
Figura 1.19.	Diagrama a bloque de un sistema multiplex por división de tiempo.	19
Figura 1.20.	Frecuencia y longitud de onda.	22
Figura 1.21.	Componentes de un emisor de luz.	26
Figura 1.22.	Señal constructiva.	26
Figura 1.23.	Señal destructiva.	27
Figura 1.24.	Señal del emisor laser.	27
Figura 1.25.	Tipos de señales de emisor Laser y Led.	28
Figura 1.26.	LED VS LASER.	30

Figura 1.27.	Refracción de la luz.	31
Figura 1.28.	Rayo refractado en la frontera.	31
Figura 1.29.	Polarización "S" de las ondas incidida, refractada y reflejada con diferentes índices de refracción de los medios.	32
Figura 1.30.	Polarización "P" de las ondas incidida, refractada y reflejada.	33
Figura 1.31.	Reflexión de Fresnel.	34
Figura 1.32.	Estructura de una fibra óptica.	37
Figura 1.33.	Tipos de fibra óptica.	38
Figura 1.34.	Estructura de una fibra óptica Monomodo.	38
Figura 1.35.	Fibra Óptica Monomodo.	39
Figura 1.36.	Fibra Óptica Monomodo y Fibra Óptica Multimodo.	40
Figura 1.37.	Fibra Multimodo con n escalonada.	41
Figura 1.38.	Fibra Multimodo con n gradual.	41
Figura 1.39.	Angulo de aceptación en Fibras Ópticas.	41
Figura 1.40.	Dispersión cromática.	43
Figura 1.41.	Dispersión del modo de polarización.	44
Figura 1.42.	Dispersión por polarización de modo en una fibra Monomodo asimétrica.	44
Figura 1.43.	Grafica de atenuación vs longitud de onda.	48
Figura 1.44.	Rango de ventanas de operación.	49
Figura 1.45.	Grafica de pérdidas total en las fibras ópticas.	52
Figura 1.46.	Escenarios de fibra óptica Pasiva.	54
Figura 1.47.	Arquitectura básica de red de óptica pasiva.	55
Figura 1.48.	Red Centralizada.	57
Figura 1.49.	Red Distribuida.	58
Figura 1.50.	Cuatro redes de fibra óptica pasiva asociadas a un OLT.	60
Figura 1.51.	Modem Óptico (ONT).	61
Figura 1.52.	Instalación con ONT sencilla.	61
Figura 1.53.	Instalación con OTN integrada.	62
Figura 1.54.	Estructura básica de los cables.	68
Figura 1.55.	Elementos de los cables de fibra óptica.	69
Figura 1.56.	Estructura del núcleo de la fibra óptica.	70
Figura 1.57.	Elementos de tensión exterior para fibra óptica.	71
Figura 1.58.	Elementos de cables para exteriores de fibra óptica.	72
Figura 1.59.	Elementos de un cable para interiores de fibra óptica.	73
Figura 1.60.	Corte Transversal de F.O. de uso en canalización.	74
Figura 1.61.	Corte Transversal de F.O. de uso en postes.	74
Figura 1.62.	Corte Transversal de F.O. de uso enterrado.	75
Figura 1.63.	Corte Transversal de F.O. de uso interior.	75
Figura 1.64.	Identificación de las fibras ópticas.	77
Figura 1.65.	Tipos de conectores FC y SC.	80
Figura 1.66.	Conectores de fibra óptica.	81
Figura 1.67.	Conectores LC.	81
Figura 1.68.	Conector SC.	82
Figura 1.69.	Conector plano.	83
Figura 1.70.	Conector PC.	83
Figura 1.71.	Conector UPC.	83
Figura 1.72.	Conector APC.	84
Figura 1.73.	Elementos de un ferrule.	85
Figura 2.1	Red Principal y Red Secundaria.	87
Figura 2.2.	Topología de la Red Óptica Secundaria Centralizada.	88
Figura 2.3.	Topología de la Red Óptica Secundaria Distribuida.	88
Figura 2.4.	Caja de distribución (CDO).	89
Figura 2.5.	Identificación de los conectores de la Red Secundaria en la Caja de	91

	Distribución Óptica chica.	
Figura 2.6.	Identificación de las fibras de los Divisores en el Cierre de Empalme de División.	93
Figura 2.7.	Ubicación de los empalmes de los Divisores y Terminales en el Cierre de Empalme de División.	93
Figura 2.8.	Placa de identificación para cable de Red Secundaria de Fibra Óptica.	94
Figura 2.9.	Terminales Ópticas.	95
Figura 2.10.	Alturas de instalación del cable de F.O. de acuerdo a la normativa NOM 001 sede 1999.	99
Figura 2.11.	Alturas de instalación del cable de F.O. de acuerdo a la normativa NOM 001 sede 1999.	99
Figura 2.12.	Elementos de tensado y fijación del cable.	105
Figura 2.13.	Elementos Herrajes para postes de remate.	106
Figura 2.14.	Elementos Herrajes para postes de paso.	107
Figura 2.15.	Elementos de retenida.	108
Figura 2.16.	Subida y bajada del poste con el cable de Fibra Óptica.	109
Figura 2.17.	Fijación del cierre en el poste junto con gazas.	111
Figura 2.18.	Extendido del cable sobre la banqueta.	111
Figura 2.19.	Realización de las gazas en la banqueta.	112
Figura 2.20.	Colocación de la gaza en el poste.	112
Figura 2.21.	Elementos de colocación de las gazas en el poste.	113
Figura 2.22.	Ubicación de cierre de empalme y gazas en postes.	113
Figura 2.23.	Presentación final de cierre y gasas en el poste.	114
Figura 2.24.	Tipo de empalme mecánico.	115
Figura 2.25.	Tipo de empalme por fusión.	116
Figura 2.26.	Terminal GIKO ONU IP65.	117
Figura 2.27.	Ubicación de Divisores Ópticos en Terminal GIKO.	118
Figura 2.28.	Diagrama esquemático, en el que se muestran las partes principales de la Terminal óptica.	119
Figura 2.29.	Dimensiones de Terminal óptica OFDC TYCO.	120
Figura 2.30.	Cierre FOSC 350 C con divisores.	121
Figura 2.31.	Cierre FOSC 450 BS con divisores.	122
Figura 2.32.	Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR).	124
Figura 2.33.	Diagrama básico del funcionamiento OTDR.	124
Figura 2.34.	Tipos de OTDR.	125
Figura 2.35.	Elementos que conforman una Fuente Estabilizada.	125
Figura 2.36.	Fuente de Luz visible.	126
Figura 2.37.	Medidor de Potencia tipo EXFO.	126
Figura 2.38.	Diagrama básico del funcionamiento de la bobina de lanzamiento.	128
Figura 2.39.	Graficas de la Bobina de lanzamiento.	128
Figura 2.40.	Graficas de eventos en el OTDR.	129
Figura 2.41.	Rango Dinámico.	129
Figura 2.42.	Ancho de pulso.	130
Figura 2.43.	Zona muerta de evento.	131
Figura 2.44.	Zona muerta por atenuación.	131
Figura 2.45.	Conexión básica del medidor de potencia y fuente de luz.	132
Figura 2.46.	Conexión del medidor de potencia y fuente de luz con bobina de lanzamiento.	133
Figura 2.47.	Conexión básica del método de Retrodispersión.	134
Figura 2.48.	Conexión del OTDR con bobina de lanzamiento.	135
Figura 2.49.	Identificación adherida a la cara del carrete.	137
Figura 2.50.	Secciones a las que se aplican las pruebas.	141
Figura 2.51.	Medición del OTDR desde Red Principal.	143
Figura 2.52.	Medición del OTDR desde Red Secundaria.	144

Figura 2.53.	Medición del OTDR cuando no hay Red principal.	145
Figura 2.54.	Medición del OTDR cuando hay Red Principal y divisor en cierre.	145
Figura 2.55.	Atenuación en Red Centralizada.	150
Figura 2.56.	Atenuación en Red Distribuida.	151
Figura 3.1	Cierre FOSC 450 BS.	172
Figura 3.2.	Dimensiones del Cierre FOSC 450 BS.	173
Figura 3.3.	Dimensiones y funcionalidad de la charola tipo A	174
Figura 3.4.	Puertos de entrada o salida de cables en el cierre.	174
Figura 3.5.	Cantidad máxima y numeración de charolas que se pueden montar en el cierre.	175
Figura 3.6.	Maquina Empalmadora.	176
Figura 3.7.	Cortadora de fibra Óptica.	177
Figura 3.8.	Maletín básico de herramienta para fibra óptica.	178
Figura 3.9.	Splitters Óptico	178
Figura 3.10.	Trazado del cable de fibra óptica.	183
Figura 3.11.	Lugar de colocación y orden de los dos divisores en la charola.	184
Figura 3.12.	Ruta a seguir de las fibras: de alimentación de los divisores y de entrada a la charola.	184
Figura 3.13.	Ruta a seguir de las fibras: de distribución de los divisores y de salida en la charola.	185
Figura 3.14.	Ruta a seguir de las fibras de entrada o salida que pasan de una charola a otra.	185
Figura 3.15.	Ruta a seguir de las fibras de cables de entrada o salida de la charola, provenientes de otra charola.	186
Figura 3.16.	Ruta a seguir de las fibras de cables de entrada o salida de la charola, provenientes de otra charola.	187
Figura 3.17.	A. Acomodo de las fibras para los divisores de entrada a la charola, con tubos holgados de 6 fibras.	188
Figura 3.18.	Acomodo de las fibras de los divisores, con tubos holgados de 12 fibras.	189
Figura 3.19.	Acomodo de las fibras de salida de la charola, con tubos holgados de 6 fibras cada uno.	190
Figura 3.20.	Acomodo de las fibras de salida de la charola, con tubos holgados de 12 fibras cada uno.	191
Figura 3.21.	Colocación en forma ascendente de las fibras: de divisores y de entrada o salida de la charola.	192
Figura 3.22.	Colocación de los Splitter por código de color.	193
Figura 3.23.	Abrazadera del domo.	194
Figura 3.24.	Base y domo.	194
Figura 3.25.	Numero de charolas del cierre FOSC 450 BS.	195
Figura 3.26.	Identificación de la charola adicional.	195
Figura 3.27.	Colocación de la charola adicional.	195
Figura 3.28.	Separador de charolas.	196
Figura 3.29.	Módulos de colocación del empalme.	196
Figura 3.30.	Colocación del divisor óptico en las charolas.	197
Figura 3.31.	Trazado y limpieza del cable de fibra óptica.	197
Figura 3.32.	Corte longitudinal de 50 mm.	198
Figura 3.33.	Colocación de los tubos Holgados en la base.	198
Figura 3.34.	Fijación del cable de fibra óptica en el soporte.	198
Figura 3.35.	Armado de los elementos de sujeción.	199
Figura 3.36.	Colocación de la abrazadera con cremallera.	199
Figura 3.37.	Ubicación de los puertos de entrada y salida.	199
Figura 3.38.	Orientación del cable de fibra óptica en la entrada y salida de los puertos.	200
Figura 3.39.	Separación de los Tubos Holgados.	200

Figura 3.40.	Enrollado de los tubos holgados en la canasta del cierre.	201
Figura 3.41.	Colocación de cinturones en las fibras ópticas.	201
Figura 3.42.	Colocación de tubos holgados de sobrante en la canasta del cierre.	201
Figura 3.43.	Fijación del sobrante con cinturones de plástico.	202
Figura 3.44.	Dirección del tubo holgado a la entrada de la charola.	202
Figura 3.45.	Marcación del tubo de transporte en la charola	203
Figura 3.46.	Corte transversal y longitudinal al tubo holgado.	203
Figura 3.47.	Limpieza de las fibras ópticas con isopropílico.	203
Figura 3.48.	Colocación de la cinta adhesiva afelpada.	204
Figura 3.49.	Tubos de transporte.	204
Figura 3.50.	Fijación de los tubos de transporte en las charolas.	205
Figura 3.51.	Orientación para cada tubo de transporte en las charolas.	205
Figura 3.52.	Acomodo de las fibras en las charolas.	206
Figura 3.53.	Colocación de la cinta de velero.	207
Figura 3.54.	Instalación del bloque de Gel.	207
Figura 3.55.	Colocación de cables en el bloque de Gel.	207
Figura 3.56.	Tapones en cierre.	208
Figura 3.57.	Alineamiento de la base con empaque	208
Figura 3.58.	Colocación del domo.	209
Figura 3.59.	Colocación de las abrazaderas.	209
Figura 3.60.	Giro del tornillo compresor.	209
Figura 3.61.	Fijación de cierre 450 BS en el poste.	210
Figura 3.62.	Fijación del cierre 450 BS en pozo.	210
Figura 3.63.	Etiqueta con la leyenda: 1224 – 303.	211
Figura 3.64	Etiquetados de fibras en el cierre.	212

Índice de tablas

Tabla 1.1.	Índices de refracción de los diferentes materiales.	14
Tabla 1.2.	Tipos de técnicas.	14
Tabla 1.3.	Etapas para multiplexaje.	16
Tabla 1.4.	Tipos de técnicas de multiplexaje.	16
Tabla 1.5.	Etapas de multiplexaje (FDM).	17
Tabla 1.6.	Proceso de transmisión digital.	18
Tabla 1.7.	Rango de valores en diferentes dominios de onda.	24
Tabla 1.8.	Gama de colores en longitud de onda.	25
Tabla 1.9.	Clasificación de emisor Laser.	28
Tabla 1.10.	Longitud de onda de Diodos Emisores de Luz.	29
Tabla 1.11.	Parámetros de dispersión normal.	46
Tabla 1.12.	Perdidas en las fibras.	50
Tabla 1.13.	Perdidas en las fibras.	51
Tabla 1.14.	Acrónimos utilizados en fibra óptica pasiva.	54
Tabla 1.15.	Tipos de redes en las fibras ópticas.	63
Tabla 1.16.	Tipos de red Zonal y RDA.	64
Tabla 1.17.	Tipos de cables de enlace en la fibra óptica.	64
Tabla 1.18.	Características de fibra G652-D.	65
Tabla 1.19.	Características de Fibra G657.	67
Tabla 1.20.	Código de colores para tubos holgados.	76
Tabla 1.21.	Número de fibras para tubo holgado.	77
Tabla 1.22.	Código de colores para las fibras.	78
Tabla 1.23.	Código de colores para tubo holgado y fibras.	78
Tabla 1.24.	Número de fibras en los tubos holgados.	79

Tabla 2.1.	Dimensiones de la caja de distribución.	90
Tabla 2.2.	Alturas mínimas a la normatividad NOM 001 SEDE 1999.	98
Tabla 2.3.	Altura resultante con postes de 25 pies (7.5 m).	100
Tabla 2.4.	Altura resultante con postes de 30 pies (9.0 m).	101
Tabla 2.5.	Altura resultante con postes de 35 pies (10.5 m).	102
Tabla 2.6.	Altura resultante con postes de 40 pies (12.2 m).	103
Tabla 2.7.	Distancia interpostal flechas y tensiones de instalación.	104
Tabla 2.8.	Tensado y fijación del cable.	105
Tabla 2.9.	Herrajes para postes de remate.	106
Tabla 2.10.	Herrajes para postes de paso.	107
Tabla 2.11.	Colocación de las placas de identificación.	107
Tabla 2.12.	Contenido de datos en a identificación adherible a la cara del carrete.	137
Tabla 2.13.	Características principales de los cables utilizados.	138
Tabla 2.14.	Características de Dispersión Cromática y Dispersión por Modo de Polarización de los cables.	138
Tabla 2.15.	Parámetros de pérdidas.	143
Tabla 2.16.	Valores de Atenuación a considerar para cálculo	147
Tabla 2.17.	Pruebas y Parámetros de las pruebas Punto a Punto.	147
Tabla 2.18.	Valores para realizar la medición y pruebas de enlaces de fibra óptica.	148
Tabla 2.19.	Valores de pérdida por cada elemento.	149
Tabla 3.1	Dimensiones nominales del cierre FOSC 450 BS	154
Tabla 3.2	Materiales que se emplean al colocar el cierre FOSC 450 BS	156
Tabla 3.3	Herramientas y equipos que se emplean al instalar el cierre	156
Tabla 3.4	Componentes del cierre FOSC 450 BS (No. Cat. 01034255)	161
Tabla 3.5	Componentes de la charola tipo "A" para empalmes (No. Cat. 01028663)	162
Tabla 3.6	Componentes del divisor óptico (No. Cat 01034256)	163
Tabla 3.7	Longitud de trazo requerida por el cierre	164
Tabla 3.8.	Identificación de fibras en los divisores ópticos.	174
Tabla 3. 9.	Identificación de fibras ópticas en cables	175
Tabla 3.10	Pasos de la prueba de Hermeticidad	194
	Conclusiones	195
	Bibliografía	196
	Referencia	197

Objetivo

“Identificar el funcionamiento de un cierre tipo Fosc 450 BS mediante instalación y pruebas de medición para comprender su estructura en redes de fibra óptica pasiva.”

Introducción

La fibra óptica es un tubo de vidrio por donde puede viajar un haz de luz transportando información.

Un sistema de transmisión por fibra óptica está compuesto por un emisor óptico y por un receptor, la señal de información: voz, datos o vídeo, es entregada al emisor en forma eléctrica, el emisor se encargará de montar esta información en un rayo de luz, lo hace variando la intensidad del rayo. La señal puede viajar grandes distancias a varias decenas de kilómetros, el receptor óptico está encargado de convertir la señal que llega en forma de luz a una señal eléctrica.

Las velocidades de transmisión que se han logrado en los conductores de cobre es de hasta 8 millones de bits por segundo, siempre y cuando la distancia no sea mayor a 3 kilómetros, (una comunicación de voz digital requiere 64 mil bits por segundo). En caso de usar, como medio de transmisión, el espacio (sistema de radio) las velocidades han llegado hasta cerca de 500 millones de bits por segundo, pero la distancia sigue siendo un factor crítico.

La nueva generación de sistemas de fibra óptica pasiva, transmitirán al menos, cincuenta veces más rápido, por lo que en una fibra se podrán montar cantidades enormes de comunicaciones de voz, datos y vídeo e incluso todas estas señales al mismo tiempo.

En el **Capítulo 1** se tocan conceptos fundamentales para su funcionamiento en un sistema de transmisión por fibra óptica y los modos de propagación de la luz utilizados en telecomunicaciones.

Posteriormente en el **Capítulo 2** se conocen la arquitectura y los elementos de una red de fibra óptica pasiva, al igual que la operación de los equipos de medición que se requieren.

A si mismo en **Capítulo 3** se describe las características e instalación de un cierre tipo FOSC 450 BS conforme a las normas y procedimientos que se deben de aplicar en los servicios de telecomunicaciones.

Por estas razones, es importante que se estudie la teoría de la fibra óptica y de los cables ópticos, conocer sus características y los parámetros de transmisión que deben considerarse en la operación.

Capítulo 1

Red de Fibra Óptica Pasiva

1.1 Introducción

En el desarrollo del presente capítulo, se tocarán temas y conceptos fundamentales de las fibras ópticas que son el elemento principal en una red de fibra óptica pasiva.

Posteriormente analizarás las características y elementos de un sistema de transmisión de Fibra Óptica Pasiva.

La Fibra Óptica Pasiva son filamentos de vidrio, del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones), llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos tales como en procesamiento de datos, en grandes redes geográficas como los sistemas de largas líneas urbanas usadas por las compañías telefónicas.

Las diferentes trayectorias que pueden seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación pero también hay diferentes medios de transmisión donde se puede mandar información.

1.2 Medios de transmisión

Para que sea posible un enlace entre dos o varios puntos, debe existir un medio de transmisión, siendo este cada vez más desarrollado.

Todo sistema de transmisión esta constituido esencialmente por tres componentes:

- **Emisor**, es el dispositivo que genera la señal de información.
- **Medio de transmisión**, es el elemento a través del cual viaja la señal de información.
- **Receptor**, es el dispositivo que capta la señal de información generada por el emisor.

De la *figura 1.1* se puede observar que en cada extremo del medio de transmisión existen un receptor y un emisor, esto tiene por objeto que la comunicación se pueda realizar en ambos sentidos.

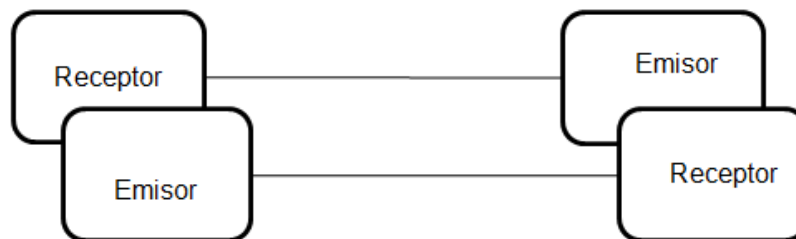


Figura 1.1. Sistema de Transmisión Básico.

1.2.1 Tipos de medios de transmisión

Existen varios tipos de medios de transmisión, los más comunes son:

- El par físico.
- El espacio aéreo.
- La fibra óptica.

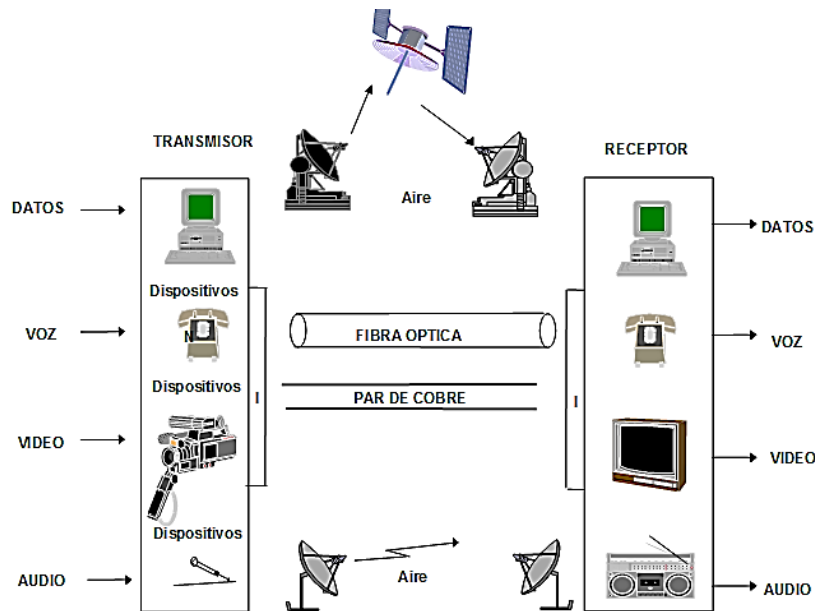


Figura 1.2. Tipos de medio de transmisión.

1.2.2 Medio de Transmisión Par físico

Constituido por un par de hilos conductores de cobre aislado y entrelazado entre sí, actualmente sigue siendo el medio más común.

- *Efectos*

El par físico presenta tres efectos importantes para su uso en los sistemas:

1. **Efecto resistivo.** Debido a que el par físico está construido con conductores de cobre, este presenta una cierta resistencia al paso de la corriente a través de él. Esta resistencia depende de tres factores principales:

- De la resistividad o resistencia específica " ρ " del material utilizado como conductor.
- De la longitud " l " del conductor.
- Del área " A " de la sección transversal del conductor.

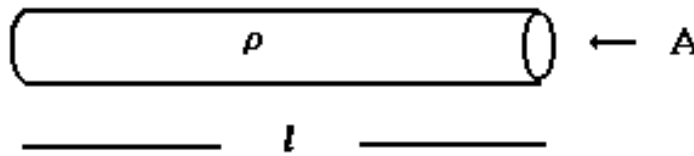


Figura 1.3. Efecto resistivo.

2. **Efecto capacitivo.** Debido a que los conductores con que esta construido el par físico se encuentran forrados con una capa de material aislante, se presenta el efecto capacitivo en el par físico. Observe la siguiente figura 1.4.

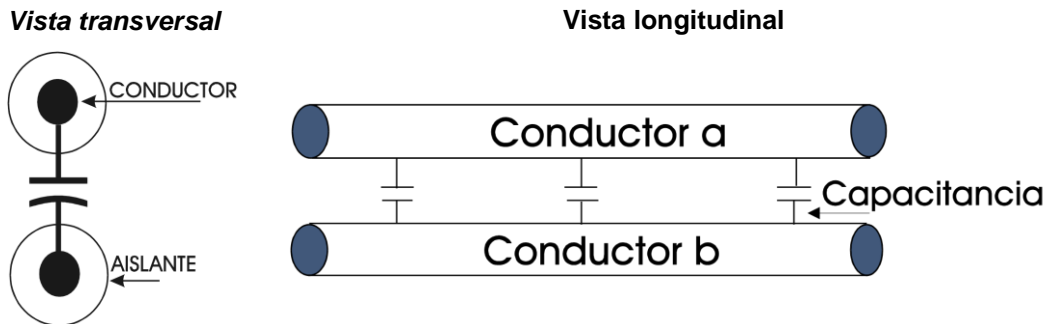


Figura 1.4. Vista transversal y longitudinal.

- **Valores en la red.** La capacitancia que se requiere entre dos conductores es del orden de $52 \text{ nF/Km.} \cdot 2$ a 1000 Hz. , en los calibres de 0.40 mm. a 0.81 mm. y en las capacidades de 10 a $2,400$ pares.

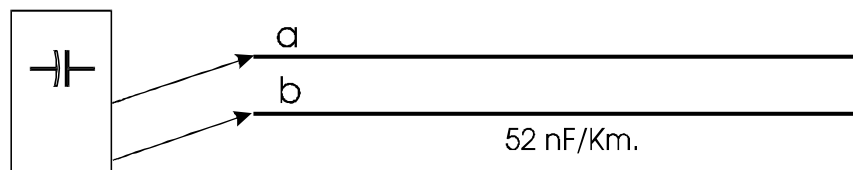


Figura 1.5. Valores de red.

3. **Efecto inductivo.** El par físico presenta también el efecto inductivo el cual se presenta en el momento de hacer circular una corriente a través de este. Observe la *Figura 1.6*.

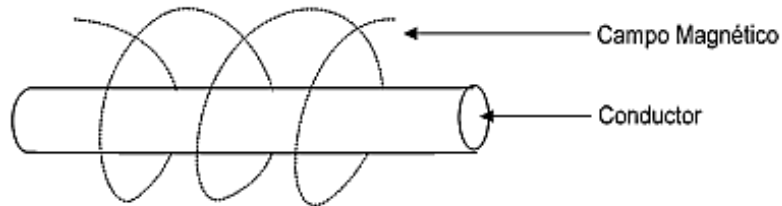


Figura 1.6. Campo magnético en un conductor.

1.2.3 Medio de Transmisión Espacio aéreo

Por el espacio aéreo además de propagarse las ondas sonoras, también se pueden transmitir señales u ondas electromagnéticas. Las señales electromagnéticas son empleadas para transmitir las señales de las estaciones de radio y televisión comercial.

Dentro de la planta telefónica las ondas electromagnéticas y en especial las señales de microondas son utilizadas para unir diversas localidades, por medio del espacio aéreo. Las ondas electromagnéticas al igual que las ondas sonoras no son visibles y también tienen características de amplitud, frecuencia y fase.

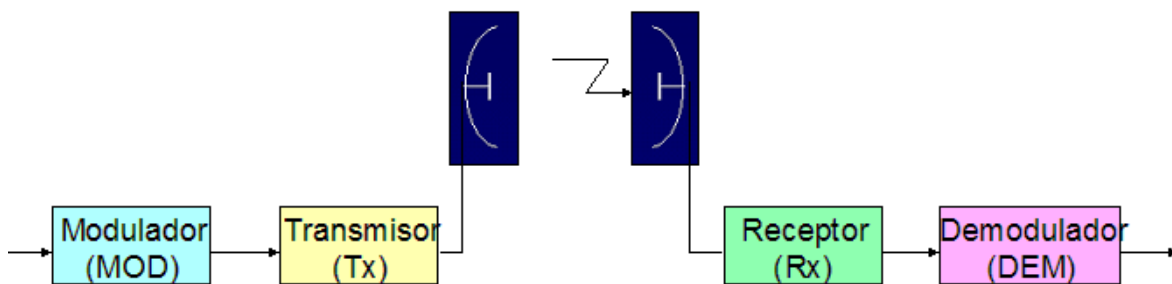


Figura 1.7. Diagrama básico de transmisión aérea.

En el caso del servicio telefónico, las antenas que se utilizan para transmitir son de forma parabólica y tienen que estar orientadas sobre una misma línea. La transmisión de señales electromagnéticas utilizando el espacio aéreo, tiene la desventaja de que se ve afectada por las condiciones atmosféricas y meteorológicas

1.2.4 Medio de Transmisión Fibra óptica

La fibra óptica es un filamento de vidrio de forma semi cilíndrica, sólido, constituido de dos partes: núcleo y revestimiento.

- **El núcleo** es la parte central de la fibra, por la que es guiada la luz que incide por uno de los extremos de la fibra.
- **El revestimiento** es la parte que complementa al núcleo. Su función principal es reflejar la luz hacia el centro de la fibra.

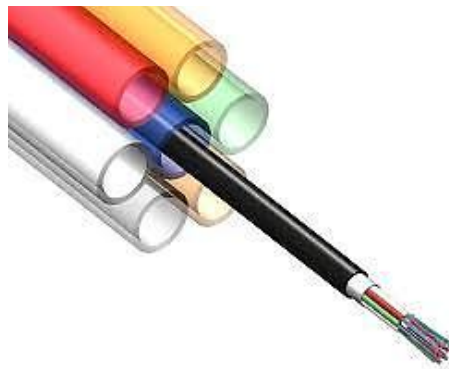


Figura 1.8. Fibra Óptica.

La fibra óptica respecto al cobre, ofrece una serie de ventajas muy importantes, estas son:

- Alta capacidad de información (Por el gran ancho de banda). Actualmente se puede transportar más de 1 terabit por segundo en una fibra óptica.

- Baja atenuación (hasta 0.16 dB/km y se reduce el número de repetidores).
- Inmune a interferencia electromagnética (la fibra conduce luz y no electricidad).
- Alto nivel de seguridad (Se puede instalar en cualquier lugar).
- Dimensiones pequeñas: El núcleo mide 10 (μm) micras y el revestimiento 125 (μm) micras.
- Ligera (Un km. de fibra= 1.4 Kg).

1.2.5 Sistema de transmisión por fibra óptica

La función de un sistema de transmisión por fibra óptica consiste en convertir la señal de información eléctrica de voz o datos en una señal de luz, transportarla por una fibra y volver a convertir la señal de luz en una señal eléctrica.

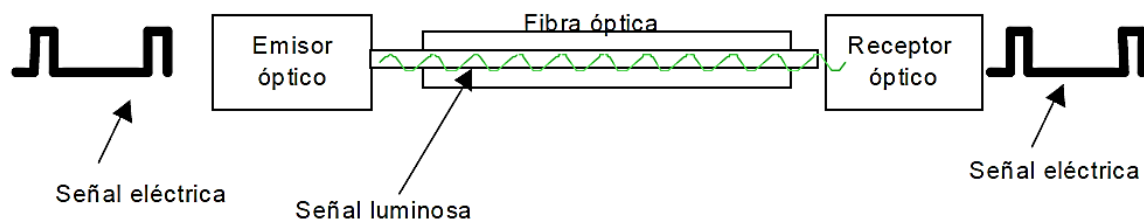


Figura 1.9. Sistema de Transmisión por Fibra Óptica.

La conversión de la señal eléctrica en señal de luz se realiza por medio del emisor óptico, el cual se encarga de recibir la señal de voltaje, acoplarla por medio de un Interface al emisor óptico y convertirla en una señal de corriente.

Esta señal de corriente provoca la variación de la intensidad de una fuente de luz. La fuente puede ser un rayo Láser o un diodo LED, (Diodo emisor de luz, por sus siglas en inglés).

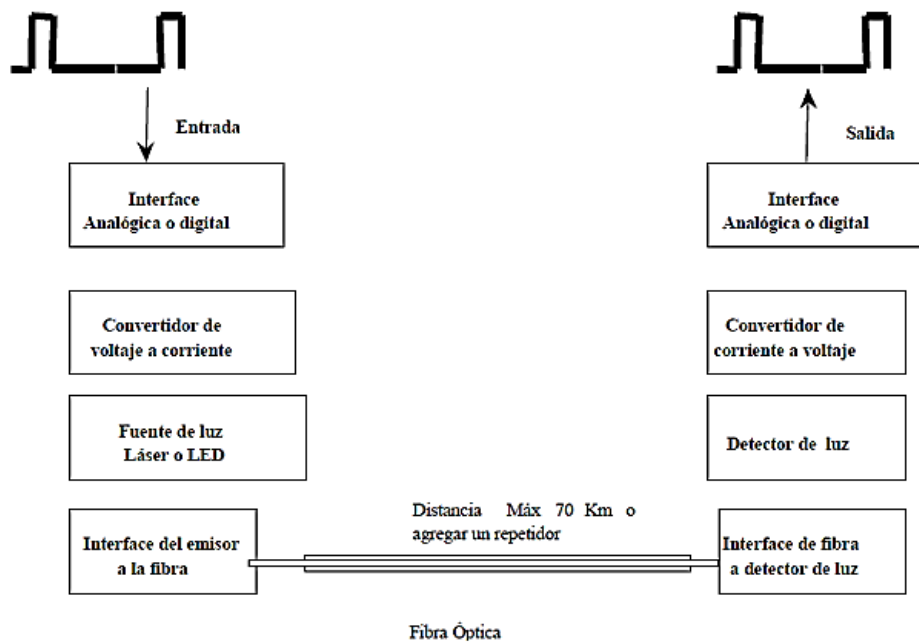


Figura 1.10. Diagrama a bloque de transmisión de fibra óptica.

El rayo láser varía su intensidad en función de la señal de información. La luz del rayo es acoplada ahora a una fibra óptica, que es un tubo el cual guiará la luz, la luz puede viajar por la fibra óptica por varios kilómetros sin sufrir atenuación considerable.

En el otro extremo de la fibra se encuentra el receptor óptico. Este receptor capta las variaciones de intensidad de luz a través de un detector, el cual convierte la intensidad de luz en señal de corriente.

La señal después es convertida a una señal de voltaje, por lo que queda recuperada la señal de información que envió el transmisor.

1.3 Refracción, Reflexión y Difracción

La naturaleza de la luz ha sido un enigma muy atractivo e interesante para los hombres desde la remota antigüedad. Los griegos creían que la visión era causada por partículas que emitían el cuerpo luminoso, que llegaban después al ojo.

Sin embargo Platón, Euclides y Claudio Tolomeo, creían que era lo contrario, es decir, las partículas salían del ojo para llegar después al objeto observado.

En la edad media se tenía la idea de que la luz era un flujo de partículas de naturaleza desconocida. Newton, decía que la luz estaba formada por corpúsculos de diferentes tamaños y velocidades, sin embargo siempre quedo la duda de si la luz era en realidad una partícula o una onda, pues conocían el fenómeno de la **Reflexión, Refracción** y de la **difracción de la luz** y estos no podían explicarlos.

1.3.1 Reflexión de la luz

Es el efecto que se produce cuando un rayo incide en una superficie pulida y se regresa. Un ejemplo muy conocido son los espejos

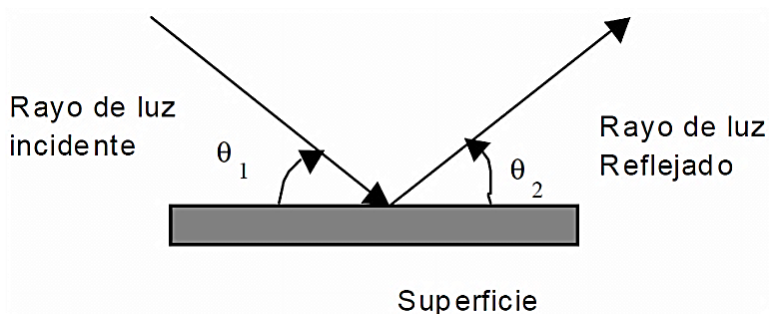


Figura 1.11. Reflexión de la luz.

1.3.2 Refracción

Es el efecto que se produce cuando un rayo pasa de un medio a otro con diferente densidad.

Por ejemplo, al llegar un rayo de luz en el aire y encontrar una superficie de agua, una parte de la luz se transmite en el agua y otra se refleja. Al entrar en el agua el rayo cambia de dirección de su propagación. Este efecto lo vemos cuando una persona tiene parte del cuerpo sumergido en agua clara, vemos como si sus piernas estuvieran mal colocadas o más cortas, lo que ocurrió es que la luz se refractó.

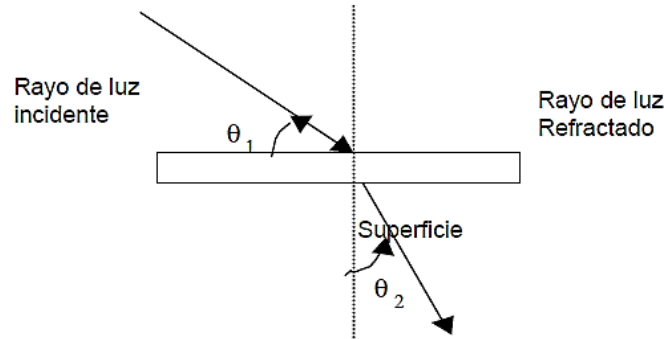


Figura 1.12. Refracción de la luz.

1.3.3 Difracción

Es el efecto de doblamiento que sufre un rayo de luz cuando viaja. El rayo de luz no viaja en forma recta sino que se dobla o se difracta. Este fenómeno lo podemos notar cuando hacemos pasar un haz de luz por una rendija.

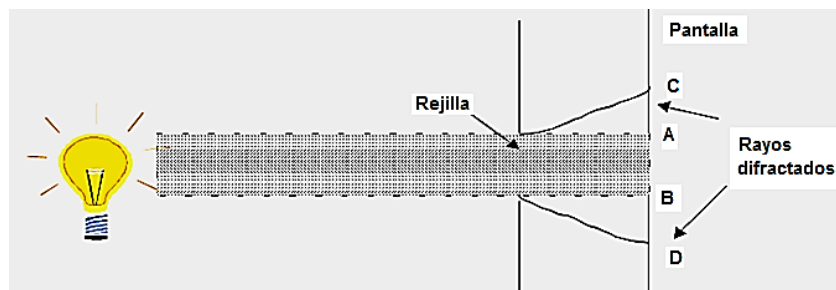


Figura 1.13. Difracción de la luz.

Sí la luz viajará en forma rectilínea, solamente se vería la luz reflejada en la pantalla en los puntos A y B, pero la luz no viaja exactamente en forma rectilínea por lo que tiende a doblarse; la pantalla se ve iluminada en los puntos C y D. Se dice entonces que la luz se difracta.

En 1675 el danés Olaf Roemer, observando eclipse de las lunas de Júpiter determino la velocidad de la luz, y encontró que la velocidad es de 300,000 Km/s. Se conocía su velocidad pero no se sabía que era la luz.

Fue Roberto Hook (1635-1703) quien con base a sus experimentos propuso la teoría ondulatoria y en 1823 Agustín Fresnel le dio sustento a esta teoría. Entonces Aristóteles tenía razón la luz sale de los objetos penetra en el ojo produciendo con esto la sensación visual.

Pero es Clark Maxwell (1831-1879) quien planteo que la señal de luz es una onda transversal electromagnética. Esta onda es exactamente igual a las ondas de televisión y de estaciones de radio o las señales de voz que viajan por los cables telefónicos.

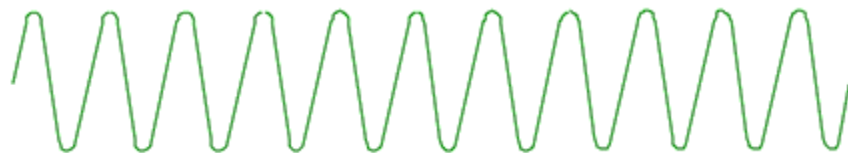


Figura 1.14. Señal electromagnética.

1.3.4 Índice de refracción

Cuando introducimos una señal de luz en una fibra óptica o en un tubo de vidrio o de plástico transparente o de algún otro material, podemos determinar que la luz se atenuara menos en un medio en el cual el material de la fibra óptica tenga un índice de refracción cercano a uno.

Las fibras con alto grado de impurezas o de plástico provocarían mayor atenuación a la señal que viaje por ellas que una fibra de vidrio con menor número de impurezas y un índice de refracción cercano a uno.

El **índice de refracción** de un medio homogéneo es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio. Y es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyos índices se calcula. Se simboliza con la letra n y se trata de un valor adimensional.

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

Donde:

n = Índice de refracción.

c = La velocidad de la luz en el vacío

v = Velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula

En cada material la luz viaja a una velocidad distinta. Cuando una onda de luz pasa de un medio a otro la velocidad de la luz se ve afectada ya sea porque el cuerpo absorbe totalmente, la energía luminosa o porque la refleje o parte la refleje y parte la deja pasar.

Aunque se tenga una fuente luz como el láser no es posible hacer que el rayo cruce una pared a menos que esta tenga una potencia muy grande, y lo que lograríamos con esto es destruir la pared.

Sin embargo las ondas del dominio electrónico pueden atravesar paredes muy gruesas, para este rango de frecuencias las paredes son transparentes.

Las señales de voz logran pasar pero se atenúan considerablemente y si la pared llega a ser suficientemente gruesa las señales de voz no llegan a cruzar.

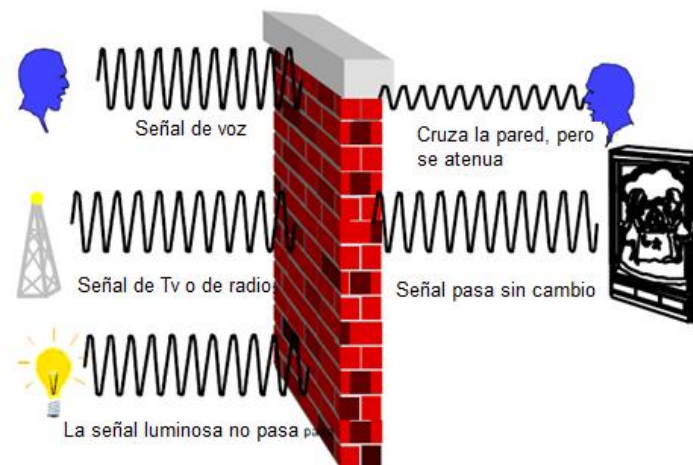


Figura 1.15. Tipos de señales.

Es necesario contar con un índice que nos indique cuanto se esta reduciendo la velocidad de la luz. Sí la velocidad de la luz en el espacio libre(c); es igual a la velocidad de la luz en el material (v) o sea $c=v$; el índice de refracción es igual a uno.

- Sí $n=1$; quiere decir que la velocidad de la luz es la misma en el espacio libre que en el material.
- Sí $n=2$; quiere decir que la velocidad de la luz viaja, en el material, a la mitad de la velocidad que en el espacio libre.
- Sí $n=3$; la velocidad de la luz en el material es la tercera parte que en el espacio libre. y así sucesivamente.

Esto quiere decir que el índice de refracción de un material opaco será muy pero muy grande.

A continuación se presenta una tabla con diferentes materiales y sus respectivos índices de refracción:

Color	Longitud de Onda
Vacío	1.0
Aire	1.0003
Agua	1.33
Alcohol etílico	1.36
Cuarzo fundido	1.46
Fibra de vidrio	1.5
Diamante	2.42
Silicio	3.4
Gallioarseniuro	3.4

Tabla 1.1. Índices de refracción de los diferentes materiales.

1.4 Velocidades de Transmisión y Ancho de Banda

Como complemento a todo un conjunto de elementos utilizados en las telecomunicaciones, es indispensable que conozcamos las técnicas de transmisión tanto digitales como analógicas. Las técnicas de transmisión, usadas actualmente en la red local incluyen las dos versiones, analógica y digital

1.4.1 Tipos de técnicas

El siguiente cuadro describe las diferentes tipos de técnicas.

Técnicas	Resultado
Modulación	La modulación convierte una señal de una forma a otra para que sea transmitida perfectamente a través de un medio particular de transmisión.
Multiplexaje	El multiplexaje permite a muchas señales compartir un sólo medio de transmisión. En el interior de ese medio de transmisión, cada señal tiene su propio camino que en lo sucesivo llamaremos canal. Una de las formas del multiplexaje es la llamada multiplexaje por división de frecuencia (FDM). Este combina diversas señales de amplitud modulada en diferentes bandas de frecuencia en el medio de transmisión.
Demultiplexaje	El Demultiplexaje permite separar las señales que compartían un mismo medio de transmisión, y asignarles su circuito individual.
Demodulación	Independientemente de que una señal debe ser modulada frecuentemente, para transmitirla fielmente, cuando llega al final de la transmisión, debe ser convertida nuevamente en su forma original. A este proceso se le conoce con el nombre de Demodulación.

Tabla 1.2. Tipos de técnicas.

1.4.2 Modulación

La modulación de una señal consiste en generar una frecuencia de valor determinado y modificarla en amplitud, frecuencia o fase, en función de la señal de información.

La siguiente ilustración. Ejemplifica la modulación en sus tres formas:

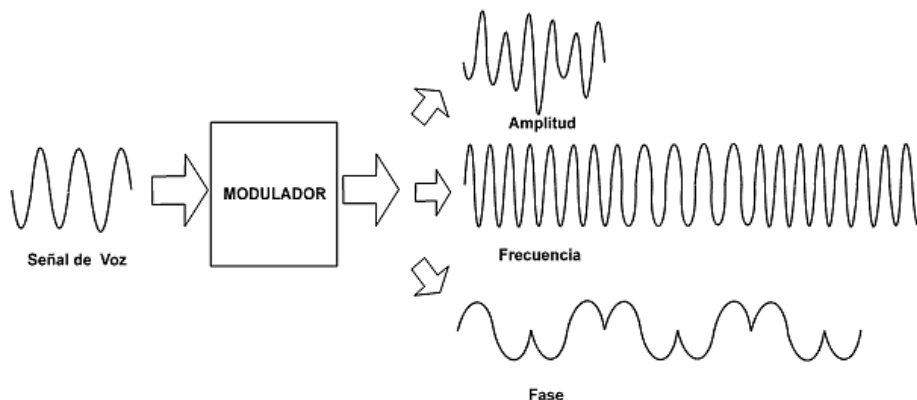


Figura 1.16. Esquema de Modulación.

- *Tipos de modulación*

En la figura anterior se muestra los tipos de modulación más simples utilizados en los radiotransmisores y módems de baja velocidad, los cuales son:

- En amplitud.
- En frecuencia.
- En fase.

Cada una de estas formas requiere de un modulador apropiado. Lo que tienen en común todas las técnicas de multiplexaje es que primero modulan algún aspecto de la señal. Ya que la modulación es un valor conocido, la señal en su forma original puede ser obtenida cuando llega al final, y ahí es demodulada

1.4.3 Etapas para la transmisión por multiplexaje

Los multiplexores son circuitos con varias entradas y una única salida de datos, están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada hacia dicha salida.

Etapa	Descripción
1	Modulación de cada señal que entra en una forma que quede a la técnica de multiplexaje.
2	Multiplexación de las señales de acuerdo a las reglas de la técnica.
3	Transmisión de la señal multiplexada.
4	Demultiplexación nuevamente en señal individual.
5	Demodulación de cada señal individual en su forma requerida original.

Tabla 1.3. Etapas para multiplexaje.

1.4.3.1 Técnicas de multiplexaje

Hay varias técnicas diferentes de multiplexaje, tanto analógicas como digitales. Lo que todas las técnicas analógicas de multiplexaje tienen en común es que la forma de la onda sinusoidal modula uno o más de los atributos (fase, frecuencia, amplitud) de una señal portadora.

El siguiente cuadro describe las técnicas más utilizadas:

Técnicas	Descripción
FDM= Multiplexaje por división de frecuencia.	Era originalmente usado en el trayecto de la transmisión analógica. En las señales de amplitud modulada se multiplexa la frecuencia.
TDM= Multiplexaje por división de tiempo.	Este es usado en la transmisión digital de las facilidades de la red local, así como en las redes de trayecto corto y trayecto largo.

Tabla 1.4. Tipos de técnicas de multiplexaje.

La Multiplexación por división de frecuencia FDM, es una técnica utilizada en los sistemas de transmisión analógicos:



Figura 1.17. Diagrama a bloques de multiplexaje.

Actualmente esta técnica fue desplazada por la Multiplexación digital TDM (Multiplexación por División del Tiempo).

1.4.3.2 Etapas de multiplexaje (FDM)

A continuación se describe el proceso para multiplexar tres diferentes señales de voz, cada una de las cuales llega en su circuito individual:

Etapa	Descripción
1	<p>Modulación: Cada amplitud de la señal de voz que entra modula su propia señal portadora. Cada una de las tres señales portadoras está a una frecuencia diferente, de tal forma que cada una de las tres señales moduladas resultantes tenga una frecuencia diferente. A esta primera modulación se le llama banda base. Banda de base es la transmisión a su frecuencia original. Los anchos de banda de los canales de voz originales están todos a 4 KHz; los anchos de banda para las señales moduladas están todos a 4 KHz también.</p>
2	<p>Multiplexar: Cada canal de señal modulada tiene asignado su propio canal de frecuencia en el circuito. El rango particular de frecuencia de cada canal esta determinado por la frecuencia de la señal portadora que la señal original de voz modula.</p>
3	<p>Transmisión FDM: La transmisión FDM es llamada transmisión de banda ancha; donde banda ancha es la transmisión a una diferente frecuencia de la original. Para transmitir una mayor cantidad de canales, se agrupan en bloques de tres y se utiliza una frecuencia portadora de mayor valor para transportar todo el bloque de canales.</p>
4	<p>Demultiplexación: Al demultiplexar las tres señales resultantes, son ahora la banda base que contiene la información original de cada canal.</p>
5	<p>Demodulación. Se obtiene nuevamente las señales como canales de voz individuales.</p>

Tabla 1.5. Etapas de multiplexaje (FDM).

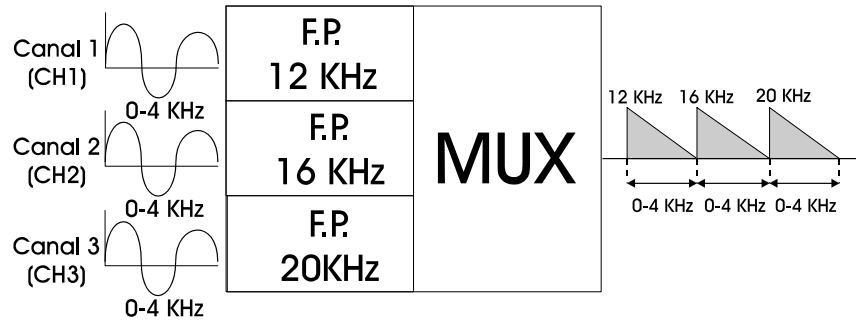


Figura 1.18. Esquema de un multiplexor.

1.4.4 Conversión de digital a analógica

Es el proceso inverso el cual consiste en convertir los códigos binarios (señal digital) en señal analógica. El siguiente cuadro muestra el proceso de la transmisión digital de voz:

Etapa	Descripción	Resultado
1	Completa el circuito.	El loop se completa cuando el teléfono se descuelga. Fluye corriente en el loop.
2	Modulación de voltaje de batería con la voz a través del micrófono.	Sonido que se convierte en señal eléctrica analógica.
3	Modulación PAM.	Señal eléctrica analógica que se convierte en pulsos.
4	Modulación PCM.	Los pulsos eléctricos son traducidos en código binario.
5	Transmisión.	Señal digital llevando código binario, viaja a través de los medios de transmisión.
6	Demodulación PCM.	Código binario traducido a una señal eléctrica de pulso.
7	Demodulación PAM.	Señal eléctrica de pulso se convierte en señal eléctrica analógica.
8	Demodulación en el audífono del teléfono.	Señal eléctrica analógica que se convierte en sonido.

Tabla 1.6. Proceso de transmisión digital.

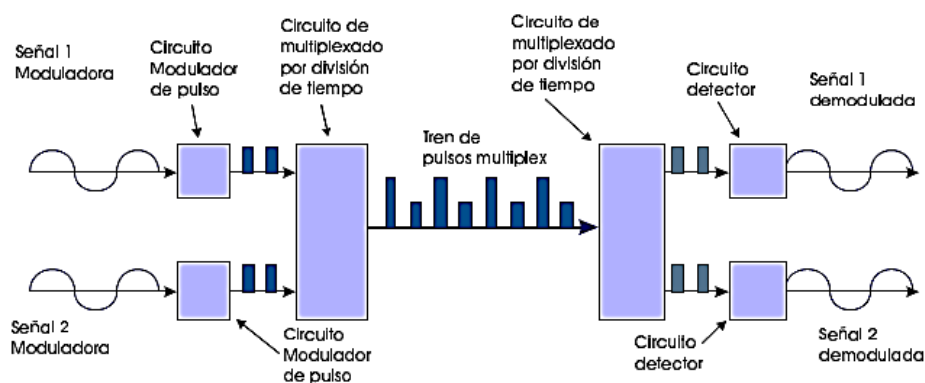


Figura 1.19. Diagrama a bloque de un sistema multiplex por división de tiempo.

1.4.5 Ancho de banda

El ancho de banda es un indicador de la cantidad de datos que pueden transmitirse en determinado periodo de tiempo por un canal de transmisión. Por lo general, el ancho de banda se expresa en bits por segundo (bps).

1.4.6 Ancho del pulso

El ancho de pulso es el periodo de tiempo que la fuente de luz está encendida en su amplitud o potencia máxima. La fuente de luz es encendida y apagada, o modulada, para transmitir datos.

El ancho de pulso se expresa en segundos (s) y en el caso de la transmisión de señales de luz por fibras ópticas se utilizan unidades más pequeñas como el milisegundo (ms) o el microsegundo (μ s).

$$1\text{ms} = 1 \times 10^{-3} \text{ segundos}$$

$$1\mu\text{s} = 1 \times 10^{-6} \text{ segundos}$$

1.5 Atenuación

Es la pérdida de potencia de una señal, se representa con la letra griega alfa (α) y se expresa en decibeles (dB). La atenuación en sistema de comunicación por fibra óptica es el resultado de diferentes factores.

Factores intrínsecos:

- Parte de la luz que se refleja en la frontera del núcleo y el revestimiento se pierde.
- Parte de la luz es absorbida por los materiales con los que está construida la fibra.
- Parte de la luz se pierde por la reflexión de impurezas o defectos de los materiales de la fibra.
- Parte de la energía se pierde al traspasar el revestimiento, debido a que la luz se dispersa en todas direcciones.
- Parte de la luz se dispersa de la fibra hacia la fuente.

Factores extrínsecos:

- Cuando la fibra óptica está curvada con un radio pequeño, algunos rayos chocan en la frontera entre núcleo y revestimiento, a un ángulo mayor que el ángulo crítico y se pierde algo de energía de luz.
- Cuando la fibra es acoplada a otra fibra o a un equipo y ésta unión no es perfecta.
-

1.5.1 El dB (decibel)

Es una unidad de medida adimensional y relativa (no absoluta), que es utilizada para facilitar el cálculo y poder realizar gráficas en escalas reducidas. El decibel es una relación logarítmica entre dos potencias multiplicada por 10.

Su formula es la siguiente:

$$dB=10 \log P1/P2$$

Esta unidad se puede usar para medir ganancia o atenuación (una ganancia negativa significa atenuación). Una ganancia de 3dB significa que la potencia de salida será el doble de la de entrada.

Una atenuación de 3 dB (ganancia de $-3dB$) significa que la potencia de salida será la mitad de la de entrada, es decir, si se tratara de una fibra óptica, en esta se estaría perdiendo la mitad de la potencia óptica.

- Unidades basadas en el Decibelio

Como el decibelio es adimensional y relativo, para medir valores absolutos se necesita especificar a qué unidades está referida la medida:

- **dBW**: La W indica que el decibelio hace referencia a un Watt. Es decir, se toma como referencia 1 W (vatio). Así, a un vatio le corresponden 0 dBW.
- **dBm**: Cuando el valor expresado en W es muy pequeño, se usa el miliwat (mW). Así, a un mW le corresponden 0 dBm.
- **dBu**: El dBu expresa el nivel de señal en decibelios y referido a 0,7746 volts que aplicada a una impedancia de 600 ohm, desarrolla una potencia de 1 mW. Se emplea la referencia de una impedancia de 600 Ω teóricamente la impedancia de la línea
- **dBc**: Nivel relativo entre una señal portadora (*carrier*) y alguno de sus armónicos.

1.6 Frecuencia y longitud de onda

Sí recordamos las características de una señal sinusoidal, esta tiene frecuencia, amplitud y fase. De la frecuencia podemos obtener la longitud de Onda (λ). En la siguiente figura se presenta el ciclo de una señal sinusoidal, el ciclo esta formado por una cresta y un valle.

1.6.1 Frecuencia

Es el número de ciclos de una señal y se mide en ciclos por segundo (C/S) o en Hertz (Hz). Ejemplo, Una señal de 1000 Hz, tiene 1000 ciclos o 1000 señales como la siguiente figura:

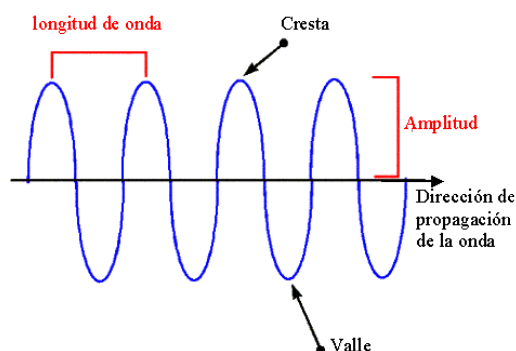


Figura 1.20. Frecuencia y longitud de onda.

Existen señales de diferentes valores de frecuencia, por ejemplo las señales de voz, tienen valores que van de 300 Hz hasta 3400Hz. Las señales que recibimos en una estación de radio tienen una frecuencia de KHz (kilo Hertz) o MHz (Mega Hertz).

Las señales de telefonía inalámbrica o de las microondas llegan a tener valores de Giga Hertz (1 Giga Hertz=1,000,000,000), o sea en el orden de 1000 millones de ciclos.

1.6.2 La longitud de onda (λ)

Es la distancia que recorre un ciclo para completarse. Esto es si estiramos un ciclo de la señal sinusoidal y medimos su longitud, el valor que obtenemos es la longitud de onda y la representamos con la letra griega lambda (λ).

La forma en que obtenemos el valor de longitud (λ), es dividiendo la velocidad de la luz (C) en el espacio libre (300;000,000 m/seg.) entre la frecuencia (f).

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

Donde:

λ =Longitud de onda

C = Velocidad de la luz

f =Frecuencia

De cualquier forma, podemos expresar la señal en frecuencia (Ciclos por segundo o Hz) o en términos de longitud de onda (en metros o submúltiplos). Por alguna razón cuando se habla de señales cuya frecuencia es muy grande del orden de billones de ciclos o más, se prefiere que estas señales, siempre se expresen en términos de longitud de onda.

Conforme aumenta la frecuencia la longitud de onda se hace más pequeña por lo que tenemos que usar submúltiplos del metro para expresar las unidades de longitud de señales de frecuencias muy altas. Estos submúltiplos son:

- *Micrómetros (μm)*, una micra es igual a una millonésima de metro o 10^{-6} metros.
- *Nanómetro (ηm)*, es una unidad mil veces más pequeña que la micra o 10^{-9} metros.

1.6.3 Espectro expresado en longitudes de onda

El espectro de frecuencia se divide en tres grandes grupos:

- Señales en el dominio electrónico.
- Señales en el dominio óptico.
- Señales en el dominio de alta energía.

La siguiente tabla muestra los tres dominios, el tipo de onda y el rango de valores expresado en longitud de onda:

Dominio	Tipodeondas	Limite inferior	Límite superior
Electrónico	OndasderadioyTV	1000m	0.5m
	Microondas	50Cm	0.05mm
Óptico	Infrarrojolejano	0.5ηm	0.03ηm
	Infrarrojocercano	30μm	0.72μm
	Luzvisible	720ηm	400ηm
	Ultravioleta	400ηm	200ηm
	Extremoultravioleta	200ηm	50ηm
Físicadealtaenergía	RayosX	50ηm	0.1ηm
	Rayosgamma	0.1ηm	0.001ηm

Tabla 1.7. Rango de valores en diferentes dominios de onda.

El rango del dominio óptico esta entre las señales de 0.5 milímetros (0.005 metros) y 50 nm (0.00000005 metros).

Sí lo expresamos en términos de frecuencia tendremos: 60,000;000,000 de ciclos por segundo para el rango inferior y para el superior, en lugar de los diez ceros tendremos quince ceros.

Podemos darnos cuenta de que mientras más grande sea la longitud de onda, menor es la frecuencia, y viceversa. La longitud de onda tiene diferentes valores según el color de la luz, pero va desde 350 nm para el violeta hasta 650 nm para el rojo. Pero las ondas electromagnéticas de luz ultravioleta e infrarrojo no son visibles para el ojo humano.

Cuando encendemos un foco nuestros ojos perciben una sensación que llamamos luz. Este fenómeno es de naturaleza ondulatoria. Es decir, el foco produce ondas que al llegar a la retina nos da la sensación de luz. Esto quiere decir que somos sensibles a diferentes longitudes de onda. Cada color tiene su longitud de onda característica:

Color	Longitud de Onda
Rojo	0.00065nm
Amarillo	0.00057nm
Verde	0.00052nm
Azul	0.00045nm
Violeta	0.00040nm

Tabla 1.8. Gama de colores en longitud de onda.

Estos valores son aproximados ya que, cada color tiene una gama muy amplia de valores, por ejemplo el verde implica diferentes tonalidades (verde claro el verde bandera).

1.7 LASER vs LED

Los materiales emiten señales de luz con diferente longitud de onda y con diferente fase lo que hace que las señales emitidas interfieran.

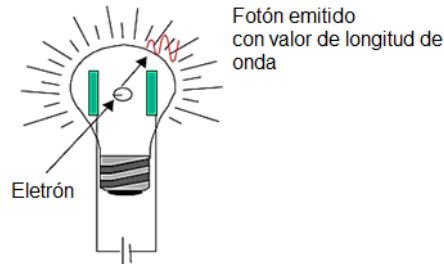


Figura 1.21. Componentes de un emisor de luz.

Existen dos tipos de interferencia: la constructiva y la destructiva. En el primer caso las señales se suman solamente si están en fase.

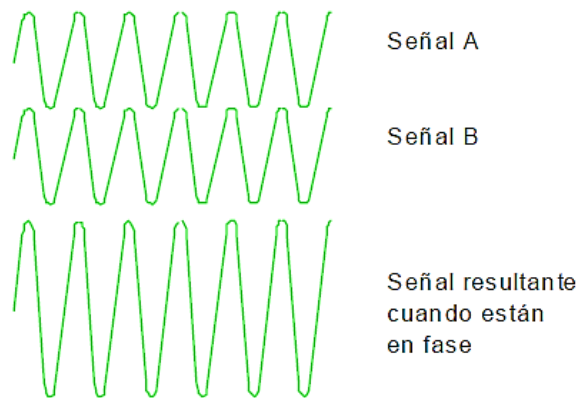


Figura 1.22. Señal constructiva.

Como puede ver la **interferencia constructiva** permite que la potencia de la señal aumente.

El otro caso es **la interferencia destructiva** y es lo que les sucede a la mayoría de las fuentes de luz, las señales emitidas no están en fase por lo que en la señal resultante pierde potencia.



Figura 1.23. Señal destructiva.

Sí el material emite señales en fase se dice que tiene una coherencia espacial perfecta, pero sí no tiene una coherencia de espacial pobre. La segunda características de las fuentes de luz es la cantidad de colores que emite, esto es, la variedad de longitudes de onda.

1.7.1 Emisor láser

La palabra *láser*, cuyo nombre se ha formado con la primera letra de cada palabra de la frase en inglés Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (ampliación de luz por emisión estimulada de radiación).

La característica de un emisor láser, y que lo hace muy diferente a otras fuentes de luz, es que esta hecho de materiales que al estimularlo con una corriente eléctrica, la señal de luz que emite tienen coherencia espacial y temporal perfecta. *La potencia del rayo láser es de 1 watt.*

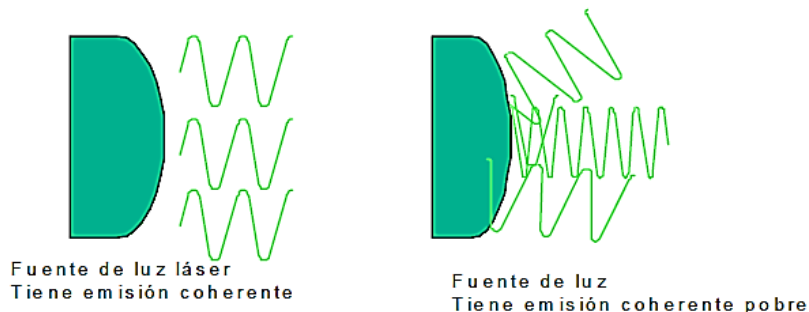


Figura 1.24. Señal del emisor laser.

1.7.1.1 Clasificación del láser

La CDRH (Center for Devices and Radiological Health/Centro para Dispositivos y Salud Radiológica) clasifica los Láseres dentro de una de las cuatro clasificaciones mayores de acuerdo con los límites alcanzables basados en el daño potencial que pueden causar.

Clase	Descripción
Clase 1	Un LASER de muy baja potencia y puede ser considerado esencialmente seguro
Clase 2	LASER visible con salida en el rango de los 400 a los 700 nm. Dentro de esta longitud de onda, el ojo se protege con el parpadeo
Clase 2a	LASER visible con salida en el rango de los 400 a los 700 nm que no deben ser vistos.
Clase 3	LASER con potencia media que pueden causar daños a la vista cuando son observados con o sin aumento.
Clase 3a	LASER visible de potencia media.
Clase 3b	LASER invisible de potencia media.
Clase 4	LASER de muy alta potencia que pueden causar daños en la vista cuando se expone a la emisión ya sea directa, reflejada o difusa.

Tabla 1.9. Clasificación de emisor Laser.

- **El láser Fabri-Perot (FP):** se utilizan en la red local.
- **MLM (Multi-Longitudinal Mode):** es decir se generan algunas longitudes de onda más, aparte de la longitud de onda central, su ancho espectral es de aproximadamente 3 nm.
- **El láser DFB ó SLM (Single-Longitudinal Mode):** solamente genera una longitud de onda y es muy utilizado en aplicaciones de larga distancia ya que su ancho espectral es mucho menor a 1 nm.

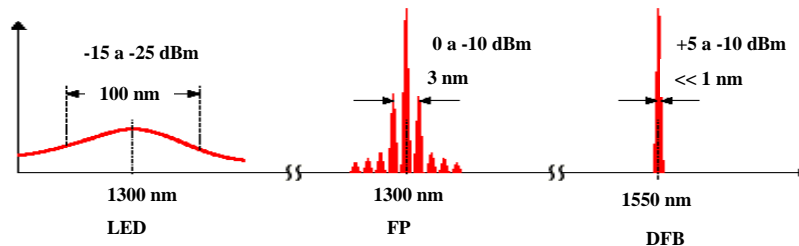


Figura 1.25. Tipos de señales de emisor Laser y Led.

En los sistemas de transmisión por fibra óptica el emisor óptico, que es el encargado de convertir la señal eléctrica de información en una señal luminosa, es láser o es un LED (diodo emisor de luz), que no es tan bueno como el láser pero es más barato.

1.7.2 LED

Diodo emisor de luz, también conocido como **LED** (acrónimo del inglés de Light Emitter Diode) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz coherente de espectro reducido cuando se polariza en forma directa la unión PN del mismo es una forma de electroluminiscencia.

El color (longitud de onda), depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta la infrarroja. Los diodos emisores de luz que emiten luz ultra violeta también reciben el nombre de UV **LED** (*Ultra Violet Light Emitter Diode*) y los que emiten luz infrarroja suelen recibir la denominación de IRED (*Infra-Red Emitting Diode*).

Compuesto	Color	Longitud de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	1600 nm 940 nm
Arseniuro de galio y Aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890 nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630 nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555 nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525 nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	450 nm
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	

Tabla 1.10. Longitud de onda de Diodos Emisores de Luz.

El diodo **LED** se utiliza en aplicaciones de cortas distancias y bajas velocidades, por ejemplo en redes LAN de baja velocidad su ancho espectral es muy grande aproximadamente 100 nm.

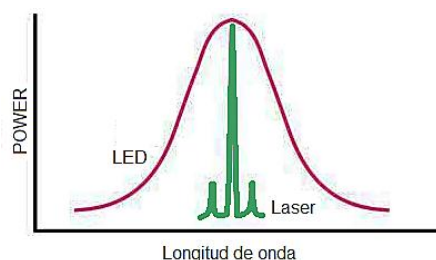


Figura 1.26. LED VS LASER.

1.8 Ley de SNELL

La reflexión o refracción de un rayo de luz depende del ángulo de incidencia (θ_i) del rayo y del índice de refracción de los materiales. Sirve para relacionar la dirección de los rayos incidente y refractado con los índices de refracción (n) de los medios en que se mueven.

Los ángulos de incidencia (θ_i) y de refracción (θ_t) son directamente proporcionales a los medios contrarios a donde ocurren, es decir, θ_i es a n_2 como θ_t es a n_1 .

$$n_1 \text{ sen}\theta_i = n_2 \text{ sen}\theta_t ; \quad \frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_t} = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde:

n_1 = Índice del refracción del material 1

n_2 = Índice del refracción del material 2

θ_i = Ángulo de incidencia

θ_t = Ángulo de refracción

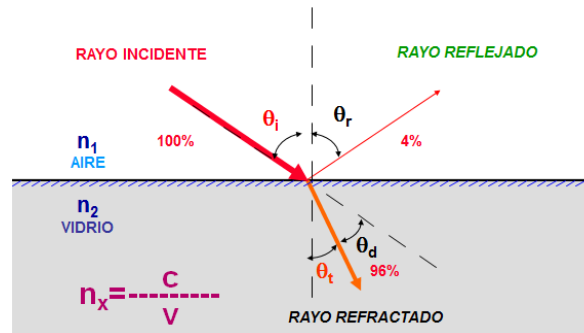


Figura 1.27. Refracción de la luz.

Si el ángulo del rayo incidente está muy cercano a 0° el ángulo de salida solo se reflejará o no se refractará y si está cercano a 90° el rayo de salida no se reflejará.

Es importante señalar que cuando introducimos un rayo en una Fibra Óptica el rayo de entrada no debe estar cercano a los 90° y al 0° ya que el rayo, como no se reflejará o no se refractará, se perderá en la superficie del material o saldrá de este.

Al ángulo límite de entrada del rayo se le conoce como ángulo crítico de incidencia. A través de la diferencia de índice de refracción de dos materiales es posible que al incidirle un rayo de luz a un plano del material más denso a determinado ángulo se pueda mantener el rayo refractado en el plano frontera.

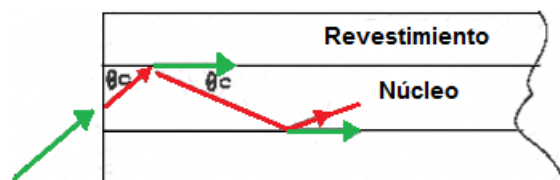


Figura 1.28. Rayo refractado en la frontera.

1.9 Reflexión de Fresnel

La reflexión de Fresnel ocurre en cualquier frontera de un medio donde cambie el índice de refracción, causando que una parte de los rayos incidentes sean reflejados al primer medio. Cuando una onda electromagnética que se desplaza por un medio caracterizado por un índice de refracción n_1 , incide sobre la interfase con otro medio que posee un índice de refracción n_2 , una parte de la onda se refleja y otra porción se transmite al otro medio.

Las fórmulas de Fresnel dan una descripción completa y detallada del comportamiento de la onda, tanto en la onda que se refleja como en la onda que se transmite al segundo medio. La fracción de la intensidad de la luz incidente que es reflejada en la interfase es determinada por el **coeficiente de reflexión** R , y la fracción refractada es determinada mediante el **coeficiente de transmisión** T .

Las ecuaciones de Fresnel asumen que los dos materiales son paramagnéticos, es decir, poseen una permeabilidad magnética similar a la del vacío. De esta forma, las ecuaciones se pueden usar para calcular R y T . El cálculo de R y T depende de la polarización del rayo incidente.

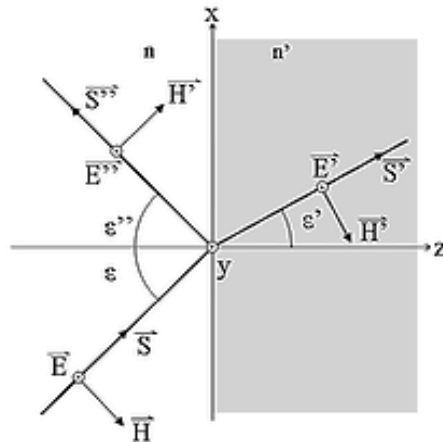


Figura 1.29. Polarización “S” de las ondas incidente, refractada y reflejada con diferentes índices de refracción de los medios.

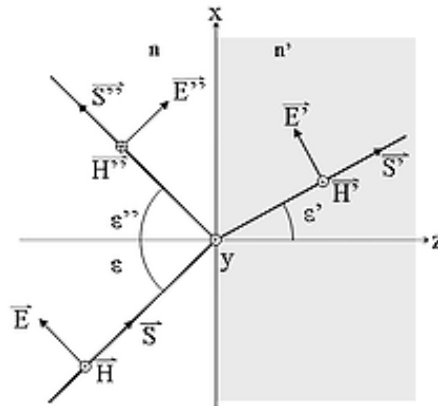


Figura 1.30. Polarización “P” de las ondas incidente, refractada y reflejada.

- Si la luz está polarizada en la dirección del campo eléctrico, perpendicular al plano del diagrama, **polarizada en S**, el coeficiente de la reflexión viene dado por

$$R_s = \left[\frac{\text{sen}(\theta_t - \theta_i)}{\text{sen}(\theta_t + \theta_i)} \right]^2 = \left[\frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \right]^2$$

Donde θ_t se obtiene de θ_i por la Ley de Snell.

- Si el rayo está polarizado en paralelo al plano del diagrama, **polarizado en p**, R viene dado por:

$$R_p = \left[\frac{\text{tag}(\theta_t - \theta_i)}{\text{tag}(\theta_t + \theta_i)} \right]^2 = \left[\frac{n_1 \cos \theta_t - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i} \right]^2$$

EL coeficiente de transmisión en cada caso está dado por:

$$T_s = 1 - R_s$$

$$T_p = 1 - R_p$$

- **Onda no polarizada**

Si la luz no está polarizada, el coeficiente de reflexión es:

$$R = \frac{R_s + R_p}{2}$$

Los coeficientes de reflexión y transmisión representan los ratios de intensidad incidente que se reflejan y transmiten respectivamente. Para un n_1 y un n_2 dados, existe un ángulo característico para el cual, el valor de R_p se hace cero, y una onda incidente, polarizada en P, es totalmente refractada.

Este ángulo es conocido como Angulo de Brewster. Para el vidrio y el aire (o vacío) el valor del Angulo de Brewster está alrededor de los 56°

En el caso en que se pasa de un medio de mayor densidad a otro menor ($n_1 > n_2$), según se va aumentando el ángulo de incidencia, se llega a un punto en que toda la luz es reflejada.

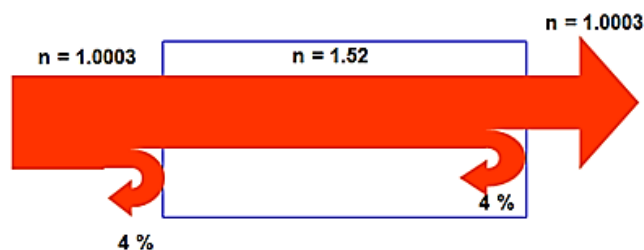


Figura 1.31. Reflexión de Fresnel.

1.10 Dispersión de Rayleigh

Cuando la luz se propaga a través de un material no completamente homogéneo (“turbio”), la luz puede verse en otras direcciones distintas a la dirección de propagación. Este fenómeno es llamado dispersión de Rayleigh, se debe a la existencia de pequeñas partículas y zonas no homogéneas las cuales al ser iluminadas emiten luz en todas direcciones. La luz emitida es llamada luz de Tyndall.

El grado de dispersión de Rayleigh que sufre un rayo de luz depende del tamaño de las partículas y de la longitud de onda de la luz, en concreto, del coeficiente de dispersión y por lo tanto la intensidad de la luz dispersada depende inversamente de la cuarta potencia de la longitud de onda, relación conocida como Ley de Rayleigh.

La dispersión de luz por partículas mayores a un décimo de la longitud de onda se explica con la teoría de Mie, que es una explicación más general de la difusión de radiación electromagnética.

La intensidad “ I ” de la luz dispersada por una pequeña partícula en un haz de luz de longitud de onda “ λ ” e intensidad “ I_0 ” viene dada por:

$$\sigma_s = \frac{2\pi^5 d^6}{3 \lambda^4} \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)^2$$

El coeficiente de dispersión de Rayleigh para un grupo de partículas es el número de partículas por unidad de volumen N veces la sección transversal.

Como en todos los efectos de onda, en la dispersión incoherente las potencias son sumadas aritméticamente, mientras que en la dispersión coherente como sucede cuando las partículas están muy cerca unas de otras- los campos son sumados aritméticamente y la suma debe ser elevada al cuadrado, para obtener la potencia final.

1.10.1 Perdidas por dispersión de Rayleigh

En la fabricación, cuando el vidrio esta en estado plástico, la tensión aplicada al mismo causa que en él se desarrollen irregularidades submicroscópicas que se forman de manera permanente.

Cuando los rayos viajan en la fibra y chocan con una de estas irregularidades la luz se difracta. La difracción causa que la luz se disperse o se reparta en muchas direcciones. Una parte de la luz difractada continua por la fibra y parte de esta se escapa por la cubierta.

1.11 Fibra óptica

El cable de fibra óptica es el componente más crítico en una red óptica, de ahí la importancia en la selección de la fibra a utilizar en las actuales redes de transporte de alta velocidad.

Una fibra óptica se puede definirse de forma simple como una guía de onda compuesta por un núcleo (core), un revestimiento (cladding) y rodeada de una cubierta protectora (coating).

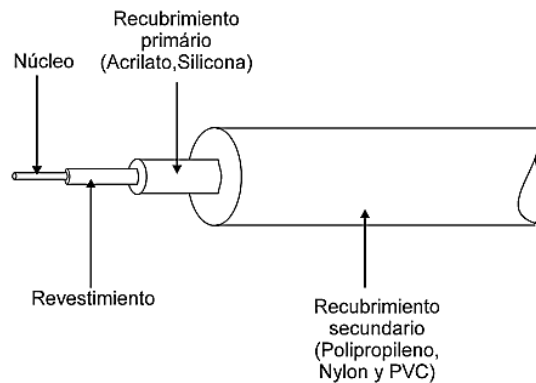


Figura 1.32. Estructura de una fibra óptica.

La función de la fibra óptica es la conducción de una señal luminosa generada por un láser o un Led. En los sistemas ópticos se usan exclusivamente fuentes láser. La potencia del láser o Led es de 1 Watt.

Cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal (óxido de Silicio y Germanio) con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor.

1.11.1 Funcionamiento de la fibra óptica

El funcionamiento de la fibra óptica consiste en que el haz de luz siempre será reflejado en la superficie de separación entre el núcleo y el revestimiento. De esta manera se puede guiar la luz de forma controlada, cuanto mayor sea la diferencia de índices y mayor el ángulo de incidencia, mayor será la reflexión interna.

Existen dos modos de propagación de la luz en las fibras ópticas utilizadas en Telecomunicaciones.

- Monomodo
- Multimodo

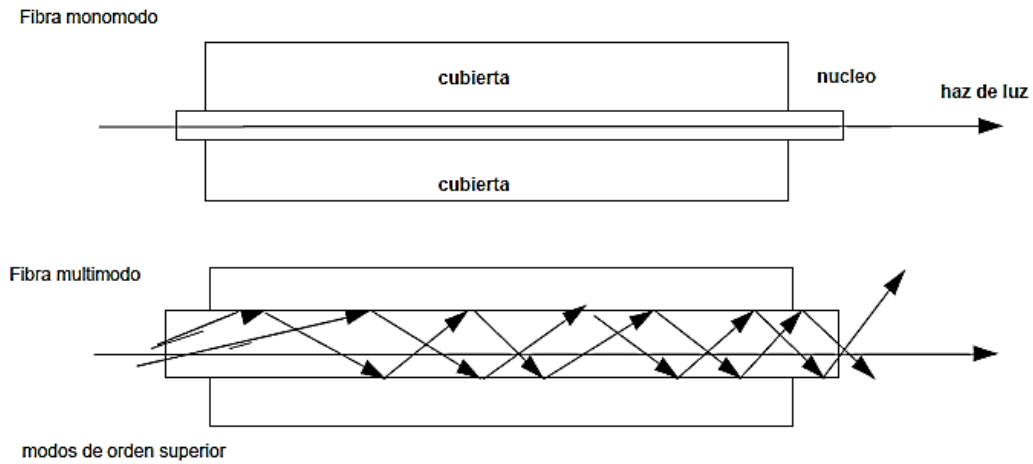


Figura 1.33. Tipos de fibra óptica.

1.11.2 Fibra Monomodo

La fibra Monomodo, es aquella que por su diseño puede guiar y transmitir una sola señal de luz (un modo de propagación).

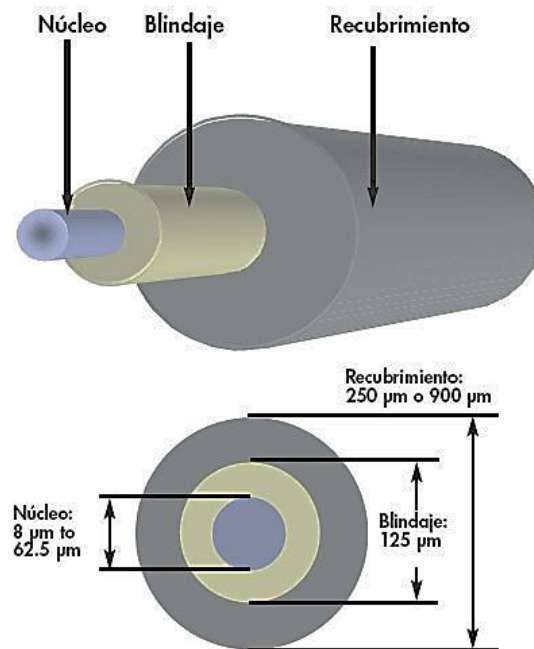


Figura 1.34. Estructura de una fibra óptica Monomodo.

Tiene las siguientes características:

- Ancho de banda elevadísimo.
- Cuando se aplica el emisor de luz, el aprovechamiento es mínimo.
- Costo es más elevado.
- Fabricación difícil.
- Los acoples deben ser perfectos.
- Núcleo mucho menor que el de la fibra Multimodo, (para evitar la dispersión multimodal).
- Los diámetros de núcleo y cubierta típicos para estas fibras son de $n=9\mu\text{m}$, $r=125\mu\text{m}$.
- Menor atenuación que las fibras Multimodo.
- Acoplamiento de la luz complicado.
- Tolerancias de los conectores y empalmes más estrictas.
- Se alcanzan grandes distancias.
- Transmisión de elevadas tasas de bit, (limitadas principalmente por la dispersión cromática y los efectos no lineales).

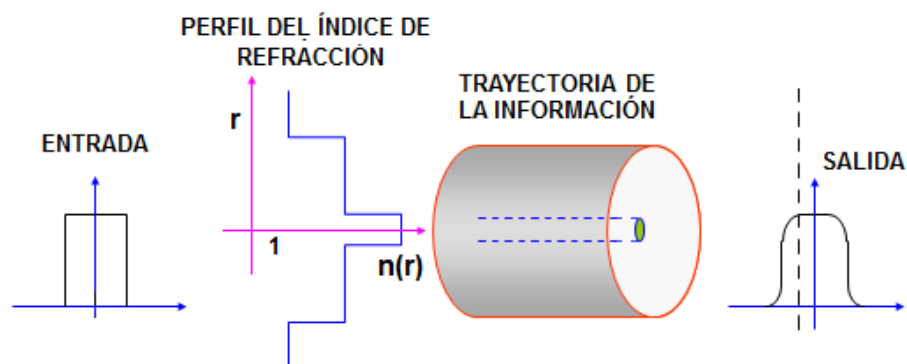


Figura 1.35. Fibra Óptica Monomodo.

En este tipo de fibra los rayos de luz transmitidos a través de la fibra viajan linealmente y se puede considerar como el modelo más sencillo de fabricar. Siendo el que se utiliza actualmente en los cables de fibra óptica instalados, para las redes Troncales, Zonales y Larga Distancia.

1.11.3 Fibra Multimodo.

En este tipo de fibra el índice de refracción del núcleo varía del más alto, hacia más bajo en el revestimiento, produciendo un efecto espiral en todo el rayo de luz, el cual describe una forma helicoidal en la medida que va avanzando en la fibra. Se utiliza principalmente para las redes locales, de T.V., redes para transmisión de datos.

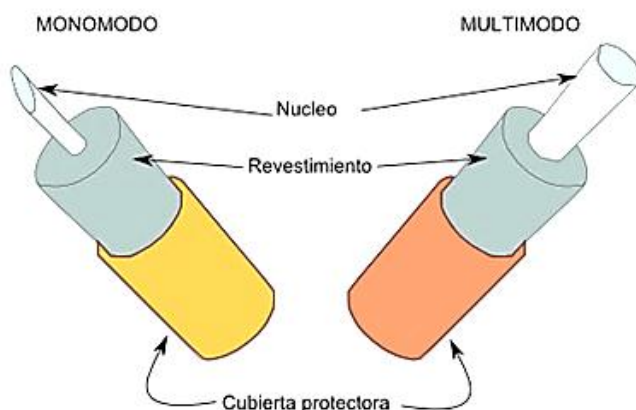


Figura 1.36. Fibra Óptica Monomodo y Fibra Óptica Multimodo.

La fibra Multimodo es aquella que puede guiar y transmitir varias señales de luz por sucesivas reflexiones (modos de propagación).

Su nombre se debe a que transporta múltiples modos de propagación de forma simultánea, ya que éste tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras Monomodo.

El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de señales de luz a la entrada.

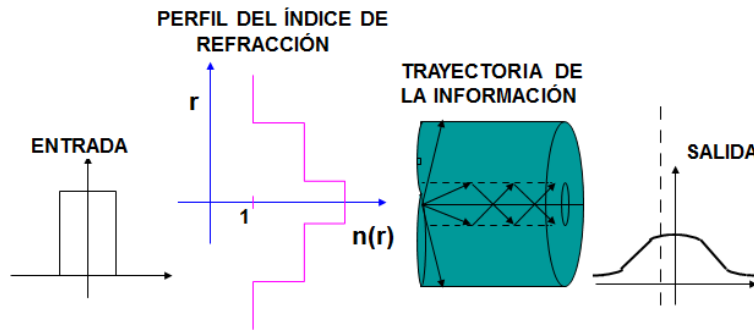


Figura 1.37. Fibra Multimodo con n escalonada.

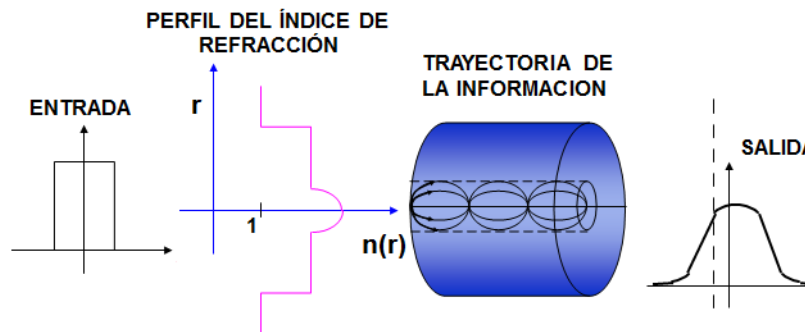


Figura 1.38. Fibra Multimodo con n gradual.

1.11.4 Angulo de aceptación

Angulo de aceptación es el ángulo máximo medido desde el eje de la fibra para el cual la señal luminosa incidente experimenta reflexión total.

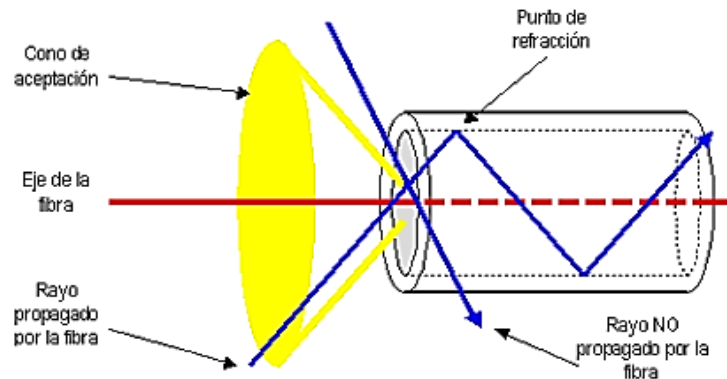


Figura 1.39. Angulo de aceptación en Fibras Ópticas.

1.11.5 Apertura numérica

Es un parámetro que da idea de la cantidad de luz que puede ser guiada por una fibra óptica, por lo tanto cuanto mayor es la magnitud de la apertura numérica de una fibra, mayor es la cantidad de luz es capaz de aceptar el núcleo.

Dicho de otro modo la apertura numérica es un numero adimensional que esta dado por el seno del ángulo de aceptación.

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Donde:

$$AN = \text{Sen } \alpha$$

Siendo el medio externo aire o vacío, entonces a mayor AN mayor es el ángulo de aceptación.

1.11.6 Tipos de Dispersión en las fibras ópticas

La dispersión es el ensanchamiento de un pulso de luz al viajar a lo largo de la fibra óptica; limita el ancho de banda con la capacidad de enviar información a través de la fibra.

1. Dispersión cromática

Ocasiona el ensanchamiento del pulso al pasar a través de fibra óptica.

Se debe a dos factores:

- A la variación que tiene el índice de refracción de acuerdo con la longitud de onda transmitida.
- A la geometría de la fibra ya que es prácticamente imposible que el núcleo de la fibra sea perfectamente circular.

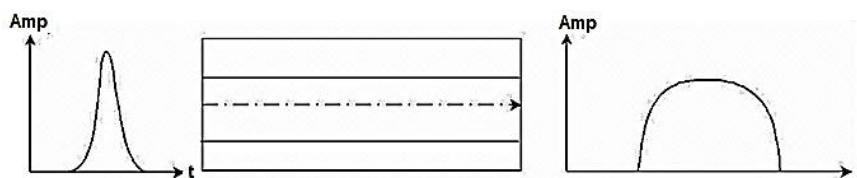


Figura 1.40. Dispersión cromática.

a) Características de la dispersión cromática

La dispersión cromática presentan las siguientes características:

- La dispersión cromática es acumulativa con la distancia.
- La dispersión cromática aumenta al incrementarse la velocidad del bit.
- No se afecta con un incremento del número de canales.
- No se afecta con la disminución del espaciamiento de canales.

2. Dispersión del modo de polarización (PMD)

Las fibras Monomodo convencionales soportan dos modos simultáneamente que se corresponden a las dos polarizaciones ortogonales del mismo modo.

En una fibra ideal las dos polarizaciones se propagarían a la misma velocidad de fase, pero en la realidad cualquier asimetría, curvatura o torsión hace que las dos polarizaciones se propaguen a diferente velocidad.

Además se produce también acoplamiento energético entre las dos polarizaciones.

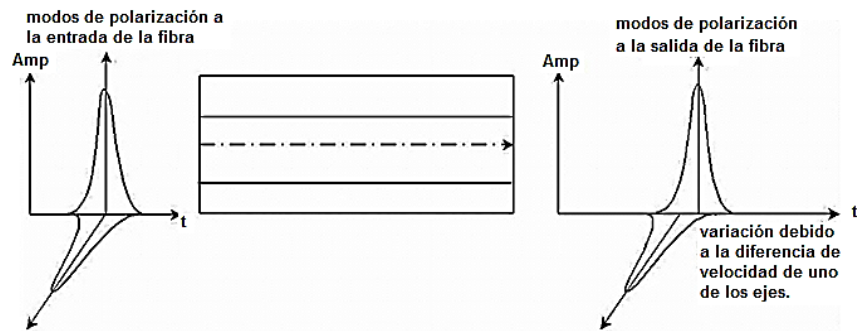


Figura 1.41. Dispersión del modo de polarización.

Puesto que ambos modos se propagan con diferentes velocidades de fase, el estado de polarización de la luz a la salida va a cambiar de forma aleatoria. Esto es un grave inconveniente en dispositivos o partes del sistema sensibles a la polarización.

El PMD es un fenómeno crítico que limita la velocidad de transmisión, a mayor velocidad transportada, el ensanchamiento del pulso es mayor receptor y se produce una alta tasa de errores.

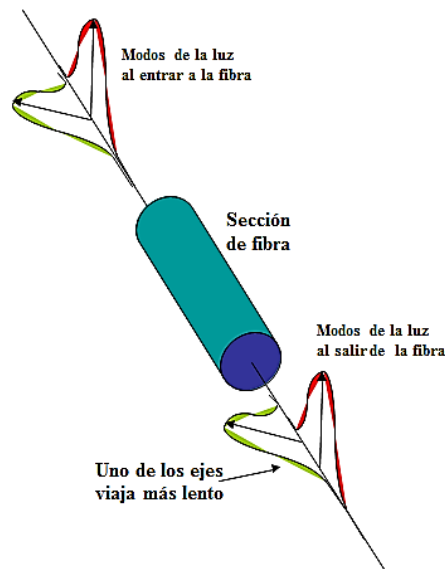


Figura 1.42. Dispersión por polarización de modo en una fibra Monomodo asimétrica.

a) Causas del PMD

Las causas que ocasionan el PMD son los esfuerzos en el núcleo de la fibra debido a:

- La construcción de la fibra:
- Núcleo elíptico de la fibra en algunos tramos.
- Material del núcleo no homogéneo.

b) Causas externas a la fibra:

- Diseño del cable
- El método de instalación
- Cambios ambientales

3. Dispersión de modo

Se debe a que los diversos modos que se propagan en la fibra óptica, en diferentes trayectorias, arriban al otro extremo de la fibra en diferentes tiempos. Por lo tanto, este tipo de dispersión es la más importante en fibras Multimodo y no existe en las fibras ópticas Monomodo.

4. Dispersión por guía de onda

Cuando un rayo de luz se transmite por una fibra óptica con diferentes índices de refracción en su núcleo, la longitud de onda o las longitudes de onda de dicho rayo experimentan un cambio de velocidad según el lugar donde viajen en la fibra.

Esto provoca también un retardo de grupo o que los pulsos lleguen al otro extremo de la fibra distorsionados (atenuados y ensanchados, debido a que los componentes del rayo llegan a diferentes tiempos).

Actualmente en la construcción de enlaces con cables de fibra óptica se han utilizando cables con los siguientes tipos de dispersión:

5. Dispersión normal

La fibra óptica de dispersión normal es diseñada para operar en la región de 1300 nm. La longitud de onda de dispersión cero (λ_0) debe estar entre 1300 y 1322 nm; en esta región la capacidad de transmitir información sobre la fibra es máxima.

La fibra óptica unimodo dispersión normal tiene las características señaladas a continuación:

Tipo	Parámetros
Atenuación	$\leq 0.4 \text{ dB/Km} @ 1300\text{-}1310 \text{ nm}$
Longitud de onda de corte de fibra	$1190 \text{ nm} \leq \lambda_c < 1330 \text{ nm}$
Diámetro del modo propagación	$9.30 \pm 0.5 \mu\text{m} @ 1300 \text{ nm}$
Longitud de onda de dispersión cero	$1301.5 \text{ nm} \leq \lambda_0 < 1321.5 \text{ nm}$
Diámetro del núcleo ("core diameter")	$8.3 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento ("cladding")	$125.0 \pm 1 \mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	$< 1\%$
Diámetro de protección primaria	$245 \pm 10 \mu\text{m}$
Concentricidad de la protección primaria	≥ 0.70
Índice de refracción de grupo efectivo (N_{eff})	$1.470 @ 1300 \text{ nm}$ $1.470 @ 1550 \text{ nm}$
Parámetro de resistencia a la fatiga	> 20

Tabla 1.11. Parámetros de dispersión normal.

6. Dispersión corrida

La fibra óptica de dispersión corrida es diseñada para operar en la región de 1550 nm. La longitud de onda de dispersión cero (λ_0) debe estar en 1550 nm; estando en esta región el punto de atenuación mínima.

7. Dispersión corrida No Zero

La fibra óptica de dispersión corrida No Zero es optimizada para operar con sistemas de canales múltiples de alta velocidad a largas distancias en la región de 1550 nm, permite eliminar efectos no lineales en la transmisión asegurando una dispersión no-cero en el rango de operación de 1530 a 1560 nm.

8. Dispersión NZDS-LEAF

Es la segunda generación de fibra de dispersión corrida no Zero, fue diseñada para operar en la banda C (1530-1565 nm) y L (1565-1625) nm. Está optimizada para utilizarse en sistemas de alta velocidad hasta 10 Gbps en la actualidad.

1.11.7 Ventanas de Operación

Las fibras ópticas presentan una menor atenuación (pérdida) en ciertas porciones del espectro lumínico, las cuales se denominan ventanas y corresponden a las siguientes longitudes de onda (λ) expresadas en nanómetros:

- **Primera ventana 800 a 900 nm (λ) más utilizada = 850 nm**
- **Segunda ventana 1250 a 1350 nm (λ) más utilizada = 1310 nm**
- **Tercera ventana 1500 a 1600 nm (λ) más utilizada = 1550 nm**

Se utilizaran para el proyecto de fibra a la casa las siguientes longitudes de onda: 1490 nm y 1625 nm para proporcionar el servicio, mientras que la medición se realizará en otras longitudes de onda.

Se emplearán dos tipos de fibra óptica para el proyecto de fibra óptica pasiva.

- **Para la red principal y secundaria el tipo G652**
- **Para el bajante y red interior del cliente el tipo G657**

Las fibras operan dentro de un amplio intervalo de frecuencias de luz, las longitudes de onda más comunes son 850 nm, 1310 nm, y 1550 nm.

En estas longitudes de ondas, las fibras presentan una atenuación mínima como se puede observar en las siguientes figuras.

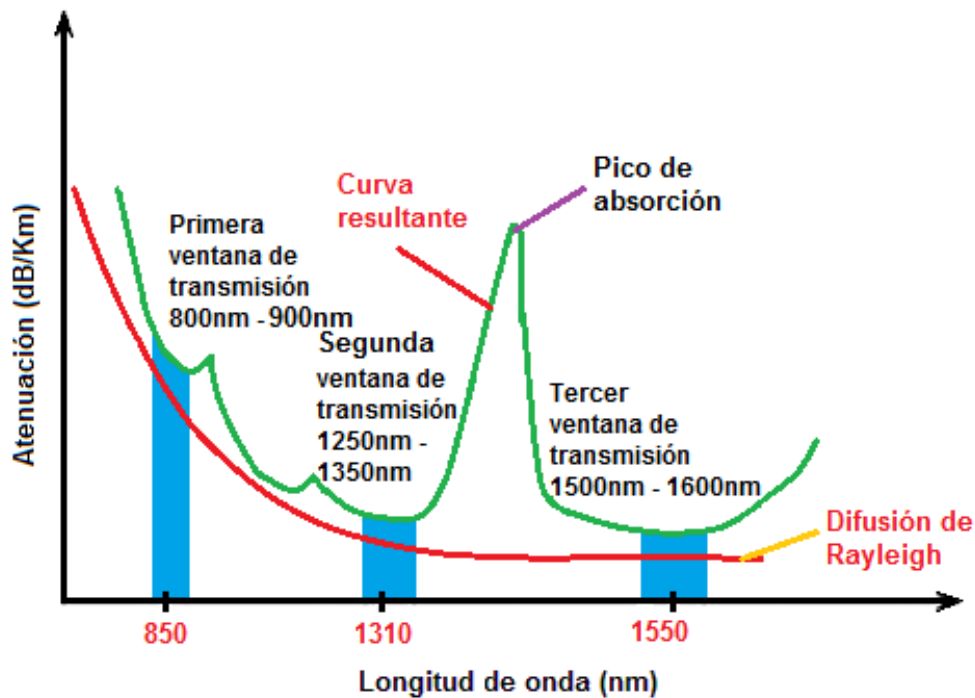


Figura 1.43. Grafica de atenuación vs longitud de onda.

Hay una cuarta ventana en desarrollo, de 1625 nm.

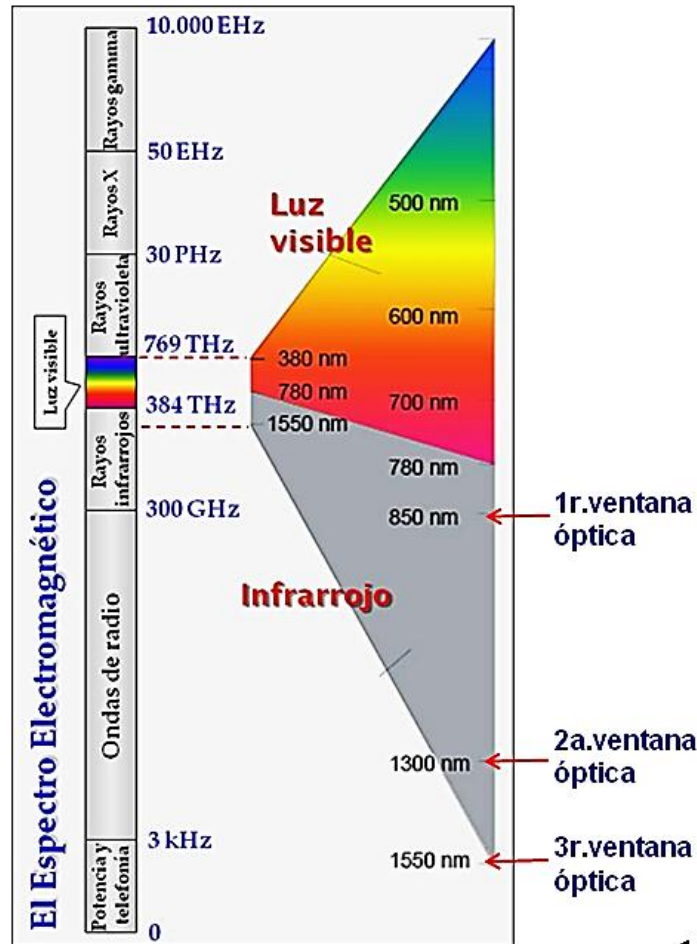


Figura 1.44. Rango de ventanas de operación.

1.11.8 Perdidas en las fibras

Las pérdidas de transmisión en los cables de fibras ópticas se deben a varios factores, es importante conocer algunas causas ya que estas provocan que la señal de luz se atenúe, la velocidad de transmisión se vea limitada y en general la eficiencia de la fibra se vea afectada.

Perdida por.	Descripción
Absorción	Las impurezas de la fibra absorben la luz y la convierten en calor. El vidrio ultra puro utilizado en la fabricación, es aproximadamente 99.9999% puro y aun así existen perdidas provocadas por estas impurezas.
Dispersión de Rayleigh o materiales	<p>En la fabricación, cuando el vidrio esta en estado plástico, la tensión aplicada al vidrio causa que en él se desarrollen irregularidades submicroscópicas que se forman de manera permanente. Cuando los rayos viajan en la fibra y chocan con una de estas irregularidades la luz se difracta.</p> <p>La difracción causa que la luz se disperse o se reparta en muchas direcciones. Una parte de la luz difractada continua por la fibra y parte de ésta se escapa por la cubierta. Los rayos de luz que escapan por el revestimiento implican una pérdida de potencia de la luz.</p>
Dispersión cromática o de longitud de onda	<p>Los emisores de luz en particular el LED emiten luz que contienen diferentes longitudes de onda. Cada rayo de luz viaja a una velocidad diferente; en consecuencia, los rayos de luz que se propagan en la fibra no llegan al extremo lejano al mismo tiempo, entonces la señal se distorsiona.</p> <p>A esto se le llama distorsión cromática. Cuando la fuente es un rayo láser no existe este problema.</p>
Radiación	<p>Son causadas por pequeños dobleces e irregularidades:</p> <p>Hay dos tipos de dobleces: micro dobleces y dobleces de radio constante. El micro doblamiento ocurre como un resultado de las diferencias en las relaciones de la contracción térmica entre el núcleo y el material de la cubierta. Un microdobles representa una discontinuidad en la fibra, donde la dispersión de Rayleigh puede ocurrir. Los dobleces de radio constante ocurren cuando las fibras se doblan durante su manejo o instalación.</p>
Dispersión modal	O esparcimiento del pulso, es causada por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra. Esta dispersión solo ocurre en una fibra Multimodo, se elimina en las fibras Monomodo o de índice graduado.

Tabla 1.12. Perdidas en las fibras.

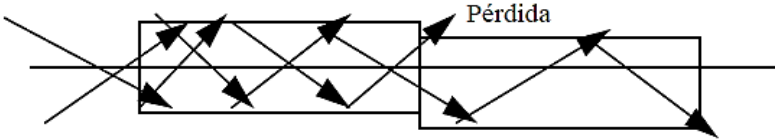
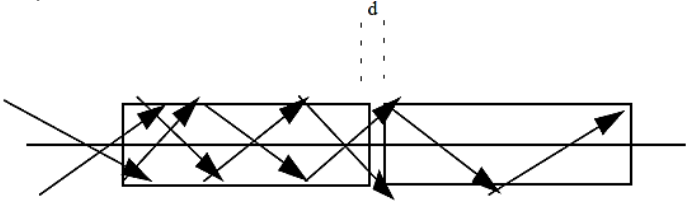
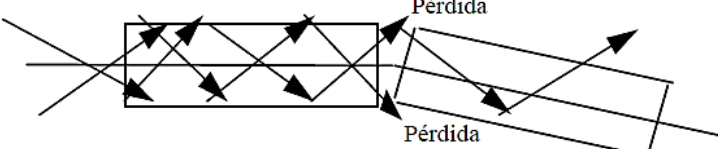
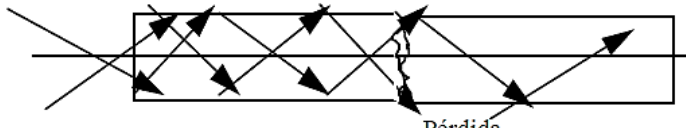
Pérdida por.	Descripción
Acoplamiento	<p>Se producen en las conexiones de fuente a fibra, empalmes de fibra a fibra y conexiones de fibra a detector. estas conexiones o empalmes son:</p>
	<p><i>Mala alineación lateral:</i> es cuando hay desplazamiento axial.</p> 
	<p><i>Mala alineación de la separación:</i> Cuando se empalman o se conectan y quedan separadas las fibras:</p> 
	<p><i>Mala alineación angular:</i> Sí el desplazamiento angular es mayor a 2 grados:</p> 
	<p><i>Acabado de superficie imperfecta.</i> Las puntas de las fibras en un empalme deben estar pulidas.</p> 

Tabla 1.13. Pérdidas en las fibras por acoplamiento.

- **Pérdida total de fibra**

El resultado total de pérdida de señal que ocurre por todos los fenómenos arriba explicados puede ser representado en una gráfica de pérdida contra longitud de onda.

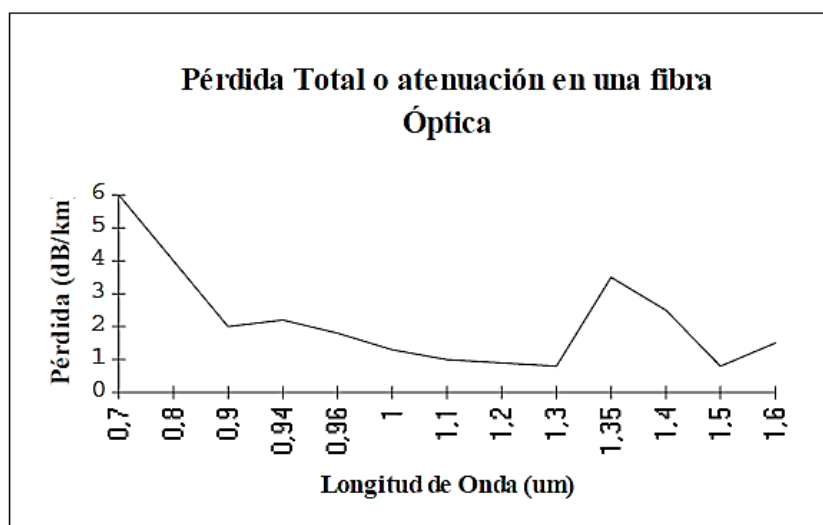


Figura 1.45. Grafica de pedidas total en las fibras ópticas.

Observe que en 1300 nm y 1500 nm la atenuación de la fibra es menor, por lo tanto la fibra debe opera en estas longitudes de onda.

Las fibras ópticas Pasivas en telecomunicaciones operan en 1310 nm y 1550 nm, ya que son los puntos donde opera la fibra con menor pérdida.

1.12 Tecnología de Red Óptica Pasiva

A mediados de los 1990's, un grupo de proveedores internacionales de servicios, se reunieron para desarrollar los documentos que finalmente definieron la nueva Red Óptica Pasiva.

Esto les permitió ofrecer conexiones con un buen costo-beneficio a los usuarios, abrir un nuevo mercado, y ayudar a los fabricantes en el desarrollo de equipos estandarizados.

Este grupo creó la FSAN, (Full Service Access Network, Red de Acceso de Servicio Completo). Posteriormente, en 1998, la UIT-T, convirtió las especificaciones de FSAN en recomendaciones, iniciando con la G.983.1 y en 2003 la G.984.1.

1.12.1 Escenarios de fibra óptica

La sección óptica de un sistema de red de acceso local podría tener una arquitectura punto a punto o una arquitectura punto a multipunto pasivo o activo.

La aplicación de la tecnología de fibra óptica, para proporcionar conectividad de banda ancha en la red de acceso a los hogares, conjuntos habitacionales y negocios pequeños, es llamada comúnmente "Fibertothe x", (Fibra óptica a...), ó FTTx, donde la letra x indica que tan cercano está el extremo de la fibra al usuario.

En la figura se presentan los escenarios más comunes.

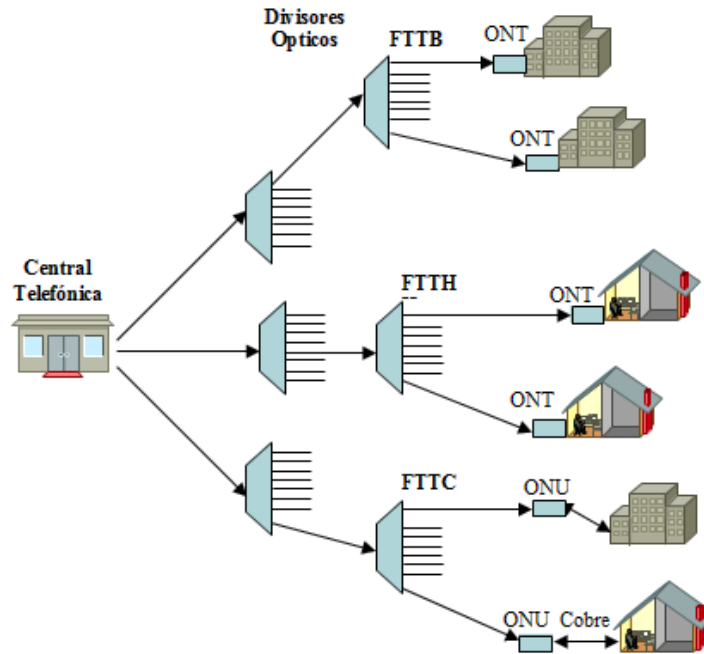


Figura 1.46. Escenarios de fibra óptica Pasiva.

A continuación, la tabla muestra los diferentes acrónimos más utilizados en fibra óptica.

Acrónimo	Fibra óptica a...
FTTB	Fibre to the building fibra hasta el edificio. Es el desarrollo de la fibra óptica desde la central telefónica hasta el edificio
FTTC	Fibre to the curb fibra hasta la acometida. Se refiere al desarrollo de la fibra óptica desde la central telefónica hasta un equipo de comunicaciones (ONU) localizado cerca del hogar o negocio. La unidad de red óptica, ONU (Optical Network Unit) es aquella que proporciona la interfaz en el lado usuario de la red de acceso óptica y está conectada a la red óptica de distribución.
FTTH	Fibre to the home fibra hasta el hogar. Se refiere al desarrollo de la fibra óptica desde la central telefónica hasta la casa del cliente. Esta es la arquitectura que aplicará Telmex.

Tabla 1.14. Acrónimos utilizados en fibra óptica pasiva.

Aunque la fibra óptica supera las limitaciones de las demás tecnologías de acceso, uno de los principales obstáculos para proporcionar el servicio a los hogares y a las pequeñas oficinas, es el costo elevado de conectar a cada usuario hasta la central telefónica. Un gran número de conexiones Punto a Punto, requieren muchos componentes activos y una gran cantidad de cable de fibra óptica, dando altos costos de instalación y mantenimiento, comparados con los accesos tradicionales de cobre.

Por ese motivo las empresas le apuestan a las redes pasivas, es decir, aquellas cuyos componentes en la red de distribución no necesitan ser energizados. Las Redes Pasivas Ópticas, *PON (Passive Optical Networks)* proporcionan gran ancho de banda y poco mantenimiento de la red óptica de acceso.

1.12.2 Arquitectura de Red

La *figura 1.47.*, muestra un ejemplo de la arquitectura de red típica para fibra óptica pasiva, en la que la red de fibra óptica conecta equipos de conmutación de la central telefónica con los usuarios.

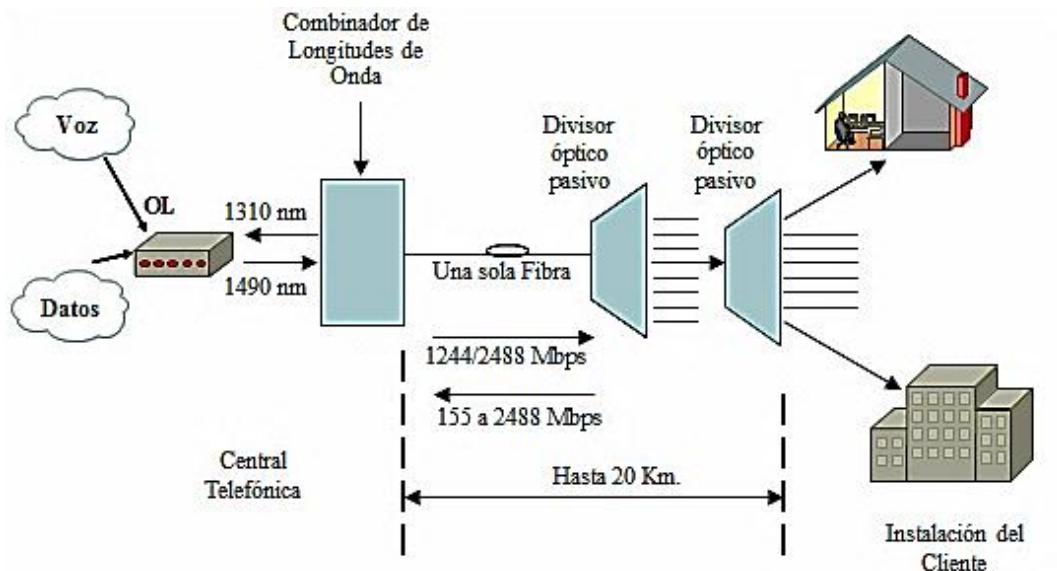


Figura 1.47. Arquitectura básica de red de fibra óptica pasiva.

Iniciando en la central telefónica, la fibra óptica Monomodo se lleva hasta el divisor pasivo de potencia óptica cerca del complejo habitacional o edificio. En este punto existe un divisor que simplemente reparte la potencia óptica en (N) rutas separadas para los clientes.

Si el divisor está diseñado para repartir la potencia óptica (P) de forma equilibrada, la potencia que recibe cada usuario es igual a P/N . Es posible diseñar divisores con otras proporciones de potencia e incluso puede existir más de un divisor en una ruta particular.

El número de salidas de un divisor varía de 2 a 64, pero de manera típica, son de 8, 16 y 32. Desde el divisor óptico se colocan fibras Monomodo hasta el equipo de cada usuario. La distancia de la fibra óptica desde la central telefónica hasta el usuario puede ser de hasta 20 Km, donde los únicos dispositivos activos se encuentran en la central telefónica y en las instalaciones del cliente.

- ***Elementos Activos***

Los elementos activos de la red son la Terminal de Línea Óptica, OLT, colocada en la central telefónica y el módem óptico (ONU/ONT) en el extremo del cliente.

1.12.3 Topología de red Centralizada y Red distribuida

Las topologías empleadas en las redes secundarias de fibra óptica a la casa pueden ser de tipo distribuida o centralizada.

a) *Red Centralizada*

Esta red está formada por los cables que salen de la Caja de Distribución Óptica, en la que se alojan los elementos Divisores ópticos y alimentan a varias Terminales Ópticas (puntos de dispersión), como se muestra en la siguiente figura 1.48.

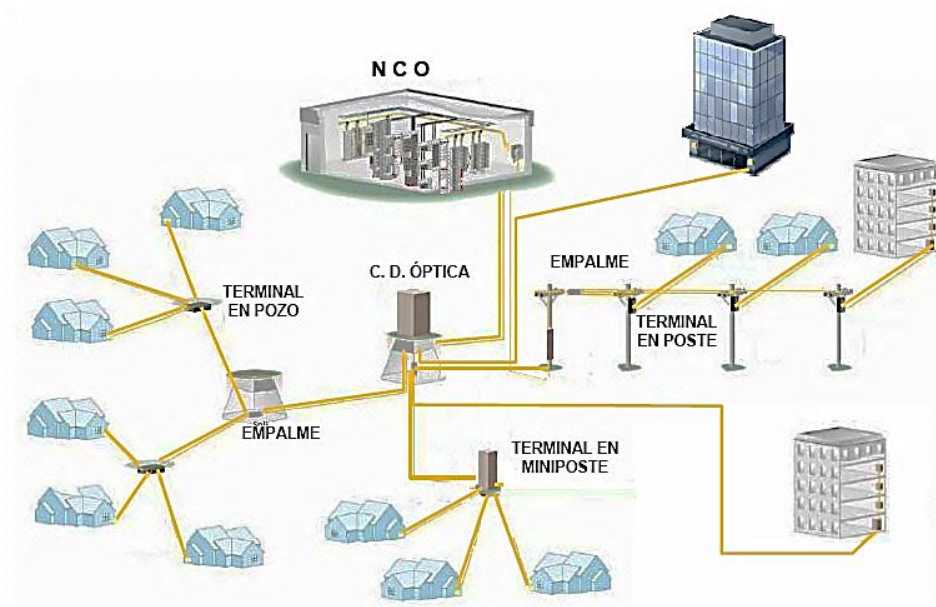


Figura 1.48. Red Centralizada.

b) Red distribuida

Esta red está formada por los cables que salen de un Cierre de Empalme en el que se alojan los primeros Divisores ópticos y alimentan a varias Terminales Ópticas (puntos de dispersión), que a su vez alojan los segundos puntos Divisores, como se muestra en la siguiente figura:

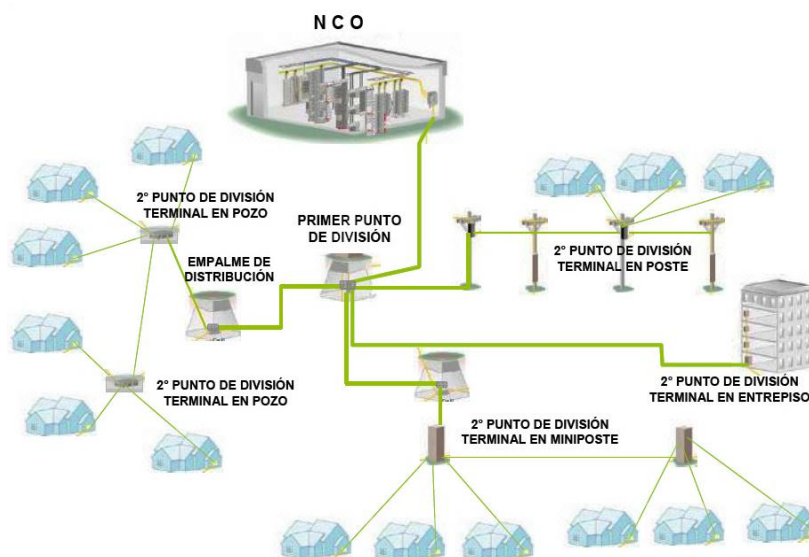


Figura 1.49. Red Distribuida.

1.12.4 Elementos de la Fibra óptica pasiva

Existen diversas arquitecturas para conectar a los usuarios en la red de fibra óptica pasiva, sin embargo, en cualquiera de ellas.

Se requieren al menos los siguientes componentes:

- Una **Terminal de Línea Óptica, OLT** (*optical line termination*), en la central telefónica, tanto para enlaces punto a punto como para enlaces punto multipunto en la red óptica pasiva.
- Una fibra óptica alimentadora desde la central telefónica hasta el divisor en enlaces punto multipunto en la red óptica pasiva.

- **Red de distribución óptica, ODN** (*optical distribution network*) Aquella que proporciona el medio de transmisión óptico desde la *OLT* hasta los usuarios, y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.
- Un divisor por cada fibra alimentadora. La fibra óptica pasiva puede utilizar múltiples divisores en cascada.
- Fibras de distribución y cables ópticos entre las ramas del divisor y los equipos Terminales Ópticos de Red, *ONT* (*optical network termination*), para nuestro caso identificaremos la *ONT* como **Módem Óptico**.

La fibra óptica alimentadora de la Central telefónica se lleva al bastidor distribuidor de fibra óptica (**BDFO**), donde se encuentran uno o más divisores. Desde ese punto, dependiendo de la topología, se conectan los usuarios.

A cada cliente se le proporciona un módem óptico, conectado a una rama del divisor. El módem óptico proporciona conexiones para los diferentes tipos de servicio, (Voz, Datos y Video).

1.12.5 La OLT

El OLT se localiza en la central telefónica y controla el flujo bidireccional de información a través de la red de distribución óptica (ODN). Debe soportar distancias de transmisión de hasta 20 Km.

Las dos funciones principales de una OLT son el control del tráfico del usuario y la asignación dinámica del ancho de banda a los módems ópticos (ONT). En la ruta de bajada, (hacia el cliente), la función de la OLT es tomar el tráfico de voz, datos y video de la red y transmitirla hacia todos los módem ópticos de los usuarios.

En la dirección de subida, (del cliente hacia la central telefónica), la OLT acepta y distribuye el tráfico de voz y datos de la red de los usuarios. Una OLT típica se diseña para controlar más de una red óptica pasiva (PON). Como se muestra en la figura siguiente.

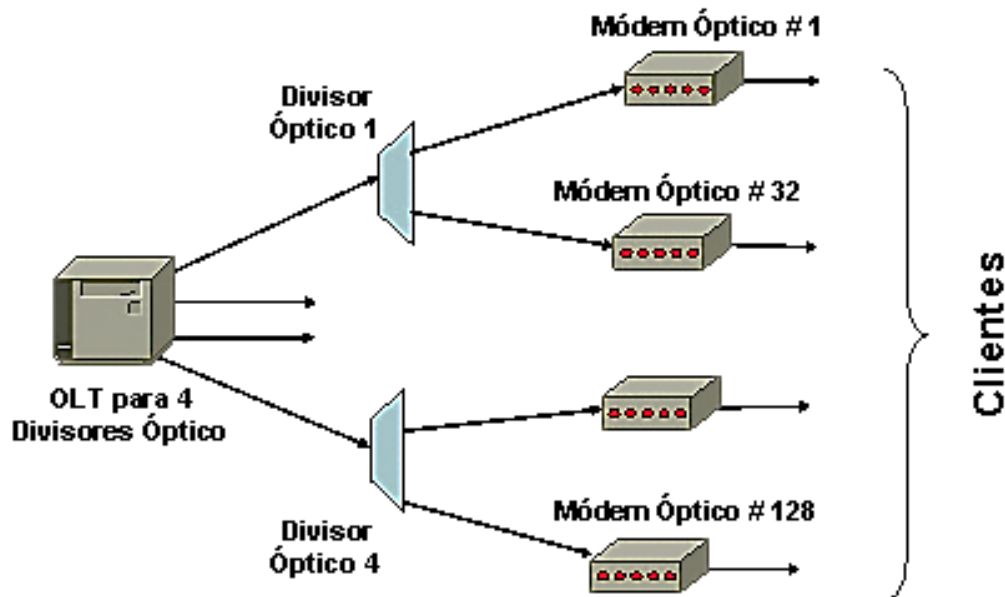


Figura 1.50. Cuatro redes de fibra óptica pasiva asociadas a un OLT.

Si cada red pasiva óptica tiene 32 conexiones, el **OLT** puede distribuir información a 128 módems ópticos (ONT). Simultáneamente, es posible transmitir servicios separados en la misma fibra óptica, utilizando diferentes longitudes de onda. Para transmisiones de bajada, la red pasiva óptica utiliza la longitud de onda de 1490 nm para tráfico de voz y datos.

En el sentido de subida, se utiliza la longitud de onda de 1310 nm para el tráfico de voz y datos. Dependiendo del diseño, pueden ser redes simétricas o asimétricas, donde la mayor velocidad es en el sentido de bajada

1.12.6 La ONT

La ONT (*optical network termination*), se localiza en las instalaciones del cliente. Su función es proporcionar una conexión hacia la red óptica pasiva en la ruta de subida y una interfaz eléctrica hacia el equipo del cliente en la ruta de bajada.



Figura 1.51. Modem Óptico (ONT).

Existen dos tipos de ONT:

- Sencilla (sin puertos para voz, ni inalámbrico de datos).
- Integrada (con puertos para voz e inalámbrico de datos).

Para servicios de Voz y Datos con ONT Integrada, no se requiere colocar ningún Módem ya que tiene los puertos para voz y el inalámbrico para datos. Los componentes de la Red de Cliente en función al tipo de ONT a emplear se muestran en la siguiente figura:



Figura 1.52. Instalación con ONT sencilla.

La siguiente figura muestra la instalación interior con ONT integrada:

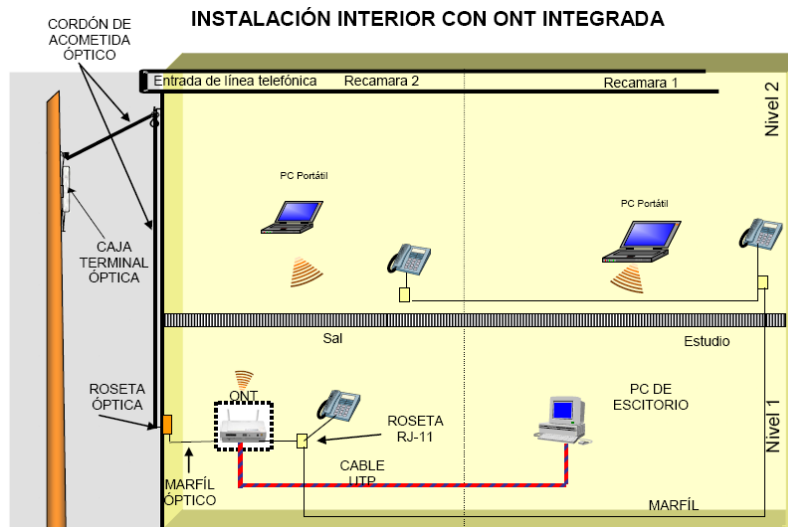


Figura 1.53. Instalación con OTN integrada.

1.13 Tipos de cable de Fibra Óptica Pasiva

El conocimiento de la estructura e identificación de los cables y las fibras ópticas dentro de los tubos holgados es indispensable para los procesos de instalación y mantenimiento de redes ópticas, puesto que es necesario para su empalme y difusión.

Las necesidades y circunstancias que actualmente prevalecen en el ámbito de las telecomunicaciones, requieren el proporcionar a sus clientes un servicio continuo y de calidad.

Para garantizar la continuidad y la calidad del servicio es necesario desarrollar métodos y procedimientos mediante los cuales los tiempos de reparación, al presentarse algún daño, se minimicen; tratando de optimizar, al mismo tiempo, los recursos humanos y materiales disponibles.

En la actualidad se fabrican una amplia variedad de cables ópticos con diferentes tipos de estructuras de acuerdo a su uso y condiciones de operación. Para lo cual es necesario conocer sus características, para su correcta aplicación y manejo, tanto en su instalación como en la elaboración de empalmes.

Así mismo las fibras y los tubos holgados de un cable de fibra óptica, son fabricados en diferentes colores de acuerdo a un código de colores que permite su identificación.

1.13.1 Clasificación de los cables de Fibra Óptica

En los enlaces de fibra óptica se utilizan diversos tipos de cable, los cuales cada uno tiene sus características dependiendo del uso que se requiera, según sea su instalación: en canalización o ductos, aérea, directamente enterrado o en interiores. Para lo cual es necesario conocer la estructura de los cables y sus características, para su correcta aplicación. Los nombres de la redes cambian de acuerdo a su ubicación. A continuación describimos la función de cada una de ellas y el tipo de fibra óptica que aplica:

Red	Descripción	Tipo de Fibra	Longitud de Onda
Red Troncal de Larga Distancia	Es la red que enlaza dos centrales de servicio de larga distancia.	Monomodo (unimodo) de dispersión corrida	1550 nm
Red troncal local	Red que une dos centrales de servicio local en áreas urbanas	Monomodo de dispersión normal	1310 nm
Red óptica flexible	Red óptica en anillo, que conecta al usuario a la red telefónica pública conmutada, a la red digital no conmutada y ofrece variedad de interfaces a diferentes velocidades (flexibilidad). Y facilidades para ampliaciones futuras	Monomodo de dispersión normal	1310 nm

Tabla 1.15. Tipos de redes en las fibras ópticas.

Red	Descripción	Tipo de Fibra	Longitud de Onda
Red RDA	Red digital Integrada punto a punto que conecta al usuario a la red telefónica conmutada o digital no conmutada	Monomodo de dispersión normal	1310 nm
Red Zonal	Red para comunicar dos poblaciones dentro de la misma área. Se pueden dar los siguientes casos:		
	a).- Sí se hace uso (se deriva) de la red LD.	a).- Monomodo de dispersión corrida	1550 nm
	b).- Sí es una red punto a punto independiente con una longitud igual o menor a 40 km.	b).- Monomodo de dispersión normal	1310 nm
	c).- Sí es una red punto a punto , enlaces en configuración en anillo o enlaces en los que se conectan en serie dos o más centros de conexión de abonado o elementos de distribución de abonados (URA´s, multiplexores de abonado etc.) con longitud mayor a 40 km entre ellos.	c).- Monomodo de dispersión corrida	1550 nm

Tabla 1.16. Tipos de red Zonal y RDA.

La siguiente tabla muestra los tipos de cables que se utilizan en la construcción de enlaces de fibra óptica

Tipo	Dispersión	Nº de fibras	Uso	Long. carrete (m)
TM-1	Normal	06,12,24,36,48,72	Canalización	1,950 + 5 %
TM-3	Normal	06,12,24,36,48,72	Interior	500 – 0 + 3%
TM-4	Normal	06,12,24	Enterrado	4600 – 0 + 5 %
TM-5	Corrida	12,24	Aéreo	1,950 + 5 %
TM-6	Normal	06,12,24	Aéreo	1,950 + 5 %
TM-7	Corrida	06,12,18,24,36	Canalización	4600 – 0 + 5 %
TM-7 LD	Corrida	18,24,36	Canalización	4600 – 0 + 5 %
TM-8	Corrida	06,12,18,24,36	Enterrado	4600 – 0 + 5 %
TM-8 LD	Corrida	18,24,36	Enterrado	4600 – 0 + 5 %
TM10	Corrida	06,12,18,24,36,48,	Interior	500 – 0 + 3%
TM-11	No Zero	12,18,24,36,48	Canalización	4600 – 0 + 5 %
TM-12	No Zero	12,18,24,36,48	Interior	500 – 0 + 3%
TM-13	Nzds-Leaf	12,18,24,36,48	Canalización	4600 – 0 + 5 %
TM-14	Nzds-Leaf	12,18,24,36,48	Interior	500 – 0 + 3%
TM-15	Nzds-Leaf	12,24	Aéreo	1,950 + 5 %
TM-16	Nzds-Leaf	06,12,18,24,36	Enterrado	4600 – 0 + 5 %

Tabla 1.17. Tipos de cables de enlace en la fibra óptica.

Los cables de dispersión corrida y dispersión no Zero ya no se instalan pero aún podemos encontrarlos en existencia. Los cables TM-7LD y 8 LD dejaron de usarse (desde 1998), ya solo se encuentran instalados en algunos enlaces de larga distancia.

a) Fibra G652

La recomendación G652 describe subtipos de la “A” a la “D” la tabla siguiente describe el subtipo “D” por permitir la utilización de la fibra en las regiones de 1310 a 1550 nm y ser compatible con la G657.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	6.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0 %
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	300 mm
	Numero de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0.1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² x km
Atributos del cable		
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.4 dB/Km
	Máximo de 1383 nm ± 3 nm	0.4 dB/Km
	Máximo a 1550 nm	0.3 dB/Km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0.01 %
	PMD _Q máximo	0.20 ps/ $\sqrt{\text{Km}}$

Tabla 1.18. Características de fibra G652-D.

b) Fibra G657

La recomendación ITU-T G657 se deriva de la experiencia adquirida en el uso de fibra óptica basada en la en la recomendación UIT-T G.652.

Pero adecuada a las necesidades de cables en una red óptica de acceso pues este tipo de red supone distintas exigencias que afectan la calidad de funcionamiento de las fibras.

Las características de la red de acceso son:

- Alta densidad de distribución
- Cables de derivación en la red de acceso.
- Limitaciones de espacio
- Numerosas manipulaciones

Para soportar estas características de la red de acceso la fibra debe ser fácil de manipular y poco sensible a la flexión y adecuarse a espacios reducidos.

Las fibras G657-A son adecuadas para su utilización a lo largo de la gama de 1260 nm. a 1625 nm.

Atributo	Dato	Valor				
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm				
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm				
	Tolerancia	$\pm 0.4 \mu\text{m}$				
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm				
	Tolerancia	$\pm 0.7 \mu\text{m}$				
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.5 μm				
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0 %				
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm				
Pérdida de macroflexión		G657A1		G657A2		
	Radio (milímetros)	15	10	15	10	7.5
	Numero de vueltas	10	1	10	1	1
	Máximo a 1550 nm (dB)	0.25	0.75	0.03	0.1	0.5
	Máximo a 1625 nm (dB)	1.0	1.5	0.1	0.2	1.0
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa				
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm				
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm				
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² x km				
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.4 dB/Km				
	Máximo de 1383 nm \pm 3 nm	0.4 dB/Km				
	Máximo a 1550 nm	0.3 dB/Km				
Coeficiente de PMD	M	20 cables				
	Q	0.01 %				
	PMD _Q máximo	s/ $\sqrt{\text{Km}}$				

Tabla 1.19. Características de Fibra G657.

1.13.2 Estructura de los cables

Actualmente se fabrican una amplia variedad de cables ópticos con diferentes tipos de estructuras de acuerdo a su uso y condiciones de operación.

Las condiciones ambientales a ser considerados dependen del lugar en donde el cable de fibra óptica se vaya a instalar, este puede estar:

- Aéreo
- Enterrado
- Conducido por ducto
- Bajo el agua.

Los factores a ser considerados en la construcción de cables de fibra óptica son los tipos de fuerzas a los que el cable será expuesto durante la manufactura, instalación y operación, como se muestra en la siguiente pagina.

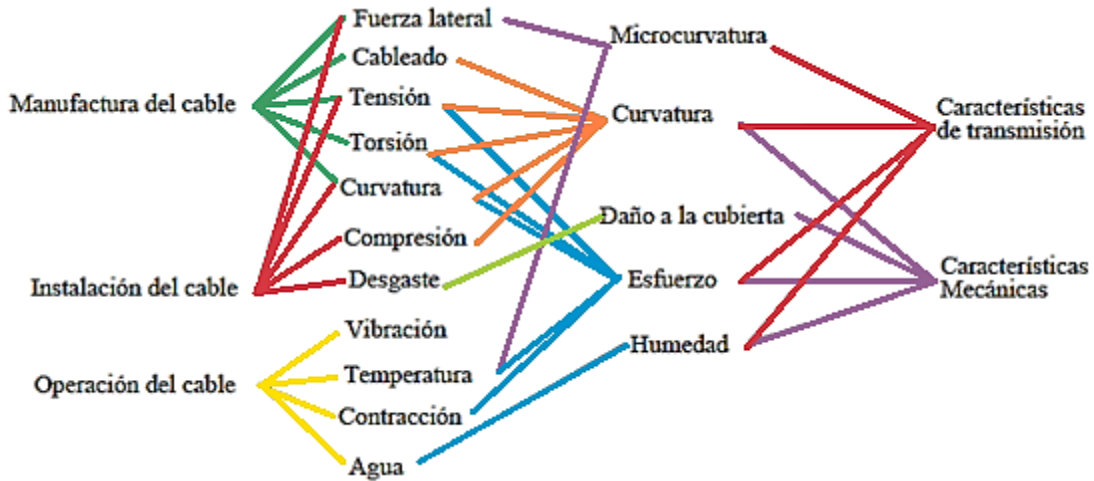


Figura 1.54. Estructura básica de los cables.

a) Microcurvatura

La Microcurvatura en una fibra es causada por fuerzas laterales localizadas a lo largo de la fibra. Esto puede ser provocado por esfuerzos durante la manufactura e instalación y también por variaciones dimensionales de materiales del cable debidos a cambios de temperatura. La sensibilidad a la Microcurvatura es función de la diferencia del índice de refracción, así como también de los diámetros del núcleo y del revestimiento.

La Microcurvatura incrementa las pérdidas ópticas. Para reducir las pérdidas por Microcurvatura el cable debe proteger a la fibra de fuerzas laterales que la doblen.

b) Elementos de tensión

Existen básicamente tres tipos de construcciones que se emplean:

- Elemento central de tensión (ECT)
- Elemento exterior de tensión (EET).

Este tipo de estructura consiste de un miembro de tensión colocado en el centro del cable y alrededor de él se colocan las fibras de cubierta secundaria en forma helicoidal rellenándose los espacios libres con gel, para darle una protección contra la humedad.

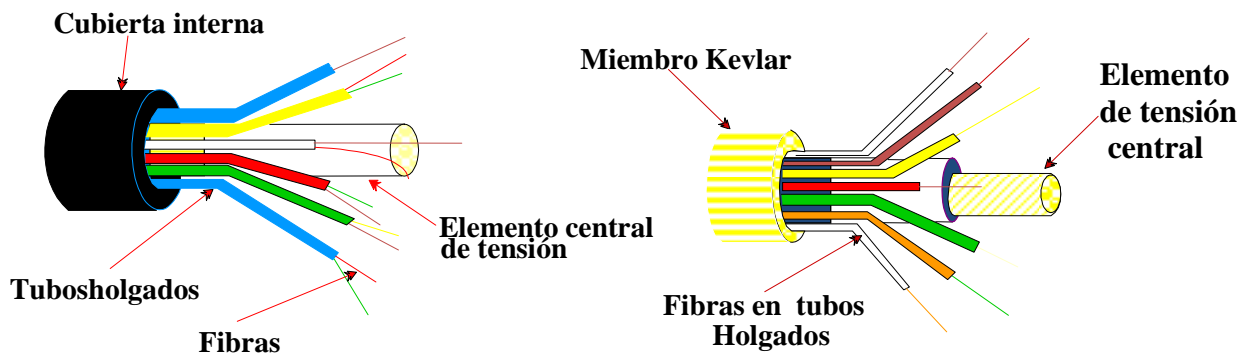


Figura 1.55. Elementos de los cables de fibra óptica.

En esta estructura las fibras pueden ir cableadas en sentido "S" (a la izquierda), en "Z" (a la derecha) o en SZ (alternada).

Sobre el núcleo del cable pueden ir los demás elementos que conforman el cable específico, es decir, puede llevar una cubierta interna, una barrera contra la humedad, una armadura, algún elemento de suspensión, etc.

c) Estructura del núcleo

Este diseño incorpora al miembro central de tensión una cubierta plástica de gran espesor con ranuras en la periferia (de 6 a 12 ranuras) que van en forma helicoidal.

En estas ranuras se alojan las fibras, estas fibras pueden ir con cubierta secundaria de tubo apretado, o bien únicamente con cubierta primaria, pudiendo ir en cada ranura más de una fibra dependiendo de la densidad de fibras que requieren en el cable.

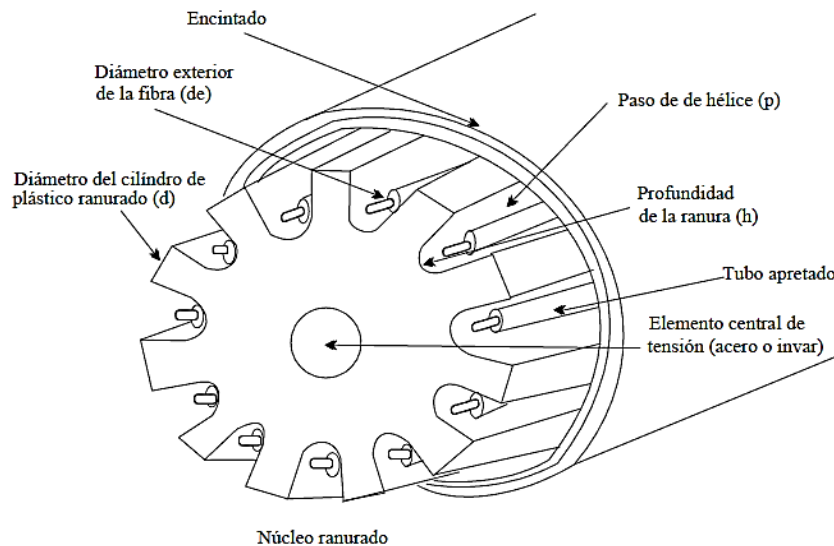


Figura 1.56. Estructura del núcleo de la fibra óptica.

De esta forma las fibras quedan desacopladas de los esfuerzos de tensión y tienen libertad de movimiento.

d) Elementos de tensión exterior

Este diseño emplea un elemento de tensión externo, el cual envuelve a las fibras, estas fibras pueden encontrarse reunidas por medio de una espiral de plástico, o bien unidas a una cinta plástica formando una estructura rectangular compacta.

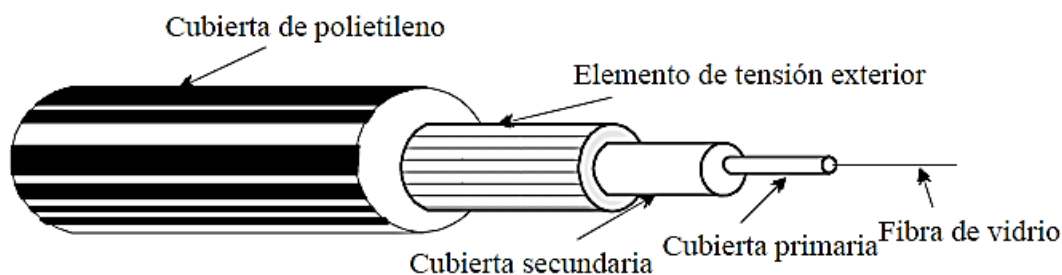


Figura 1.57. Elementos de tensión exterior para fibra óptica.

Las fibras ópticas pueden ir únicamente con cubierta primaria o con cubierta secundaria de tubo apretado. En general este tipo de diseño se emplea cuando se requiere una muy alta densidad de fibras con dimensiones muy reducidas, o bien cuando requerimos una muy alta resistencia a la tensión.

Sin embargo, este tipo de estructura se emplea frecuentemente en los cables Mono fibra y dúplex que se usan para la interconexión a los equipos (pig tails y jumper).

Sobre el miembro de tensión externo se colocan los demás elementos que conforman el cable (cubiertas, armaduras, barreras contra la humedad, etc.).

e) Cables para exteriores

Los cables exteriores se emplean en la llamada planta externa, aquí existen una gran variedad de diseños caracterizándose todos ellos en contener siempre más de dos fibras.

Estos diseños contemplan todas las posibles variedades, es decir:

- Puede llevar cubierta secundaria de tubo holgado.
- Pueden ser de elemento central de tensión de núcleo ranurado, o de elemento de tensión exterior.
- Por lo regular todos llevan barreras contra la humedad que pueden ser de jelly, de cintas metálicas, o utilizando presión de gas.
- En general la cubierta externa es de polietileno con negro de humo.
- Pueden llevar o no armadura y si la llevan pueden ser en cualquiera de sus variedades.

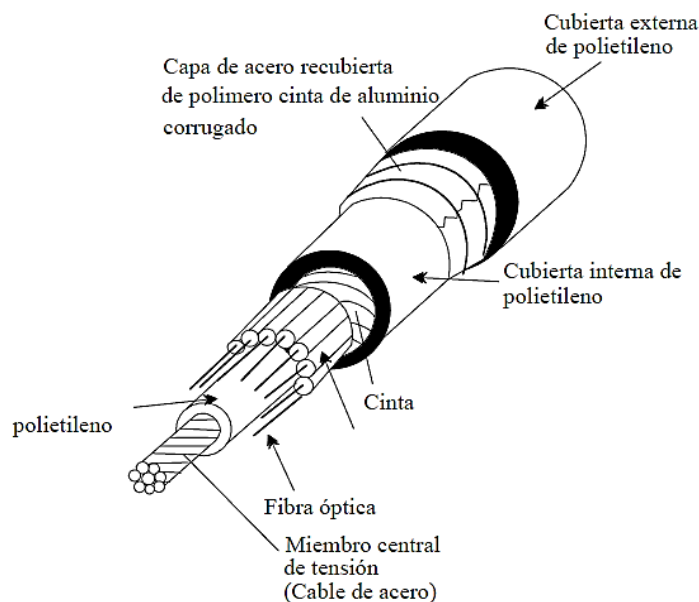


Figura 1.58. Elementos de cables para exteriores de fibra óptica.

f) Cables interiores

Los cables para interiores son aquellos que se utilizan dentro de los edificios, o de la llamada planta interna, estos cables en general deben tener buena flexibilidad y tener en sus características en no ser propagadores de flama. Estos cables pueden contener elementos metálicos o bien ser totalmente dieléctricos, pueden contener una o más fibras.

Si contiene una fibra (Mono fibra) por lo regular su construcción lleva protección secundaria de tubo apretado, alrededor de ella lleva un miembro de tensión externo de Aramida, sobre ésta lleva una cinta mylar como barrera térmica y sobre ésta va la cubierta externa de PVC antifuego. Cuando lleva dos fibras (dúplex) se construye con dos cables Mono fibras unidos por medio de una lengüeta en la cubierta externa.

En los cables multifibra se da una infinidad de diseños caracterizándose todos ellos en tener la cubierta externa de PVC antifuego y no tener armadura.

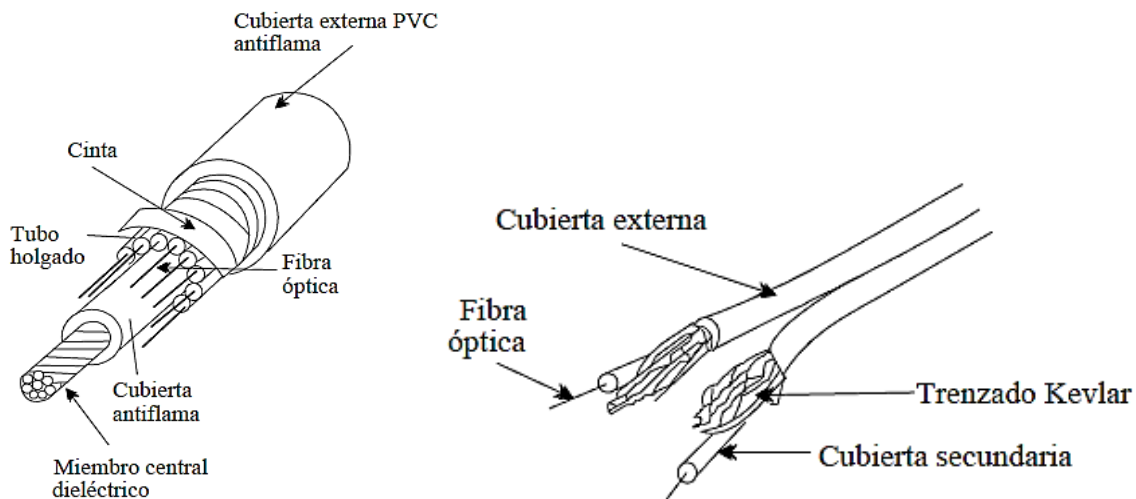


Figura 1.59. Elementos de un cable para interiores de fibra óptica.

1.13.3 Estructura del cable canalizado

En el siguiente esquema se representa la estructura del cable de fibra óptica que se utiliza en canalizaciones.

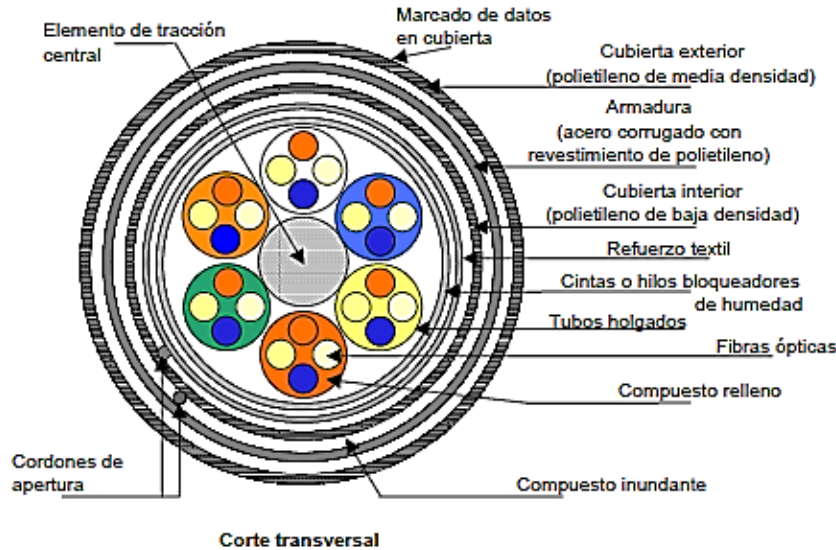


Figura 1.60. Corte Transversal de F.O. de uso en canalización.

1.13.4 Estructura del cable aéreo

En el siguiente esquema se representa la estructura del cable aéreo:

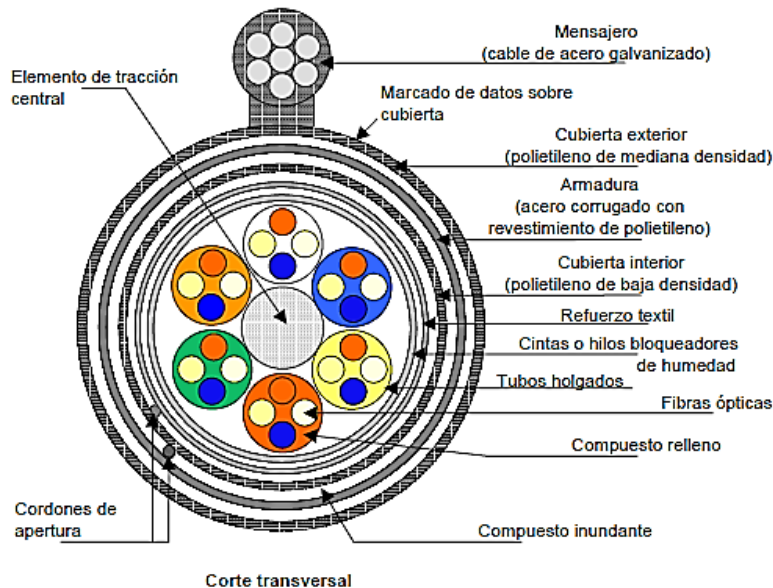


Figura 1.61. Corte Transversal de F.O. de uso en postes.

1.13.5 Estructura del cable enterrado

En el siguiente esquema se representa la estructura del cable enterrado:

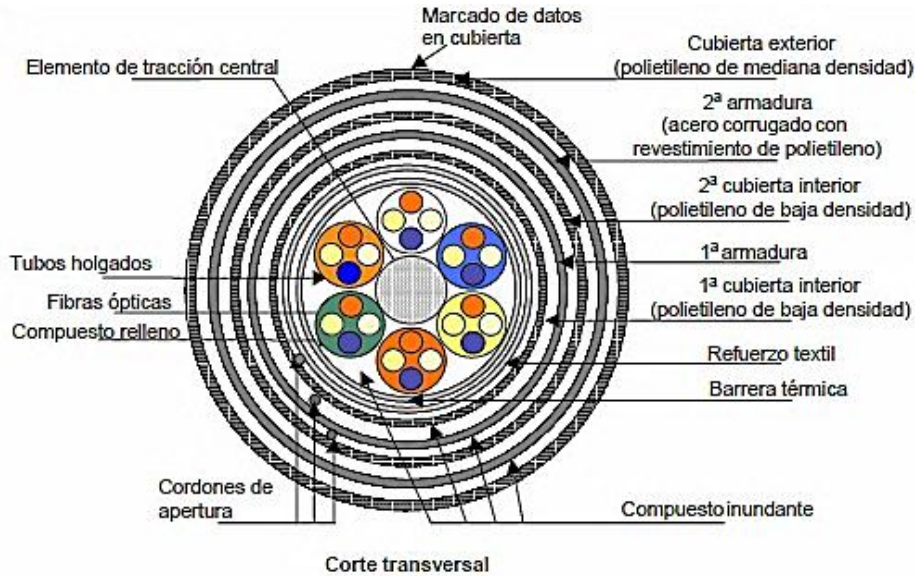


Figura 1.62. Corte Transversal de F.O. de uso enterrado.

1.13.6 Estructura del cable de uso interior

En el siguiente esquema se representa la estructura del cable de uso interior:

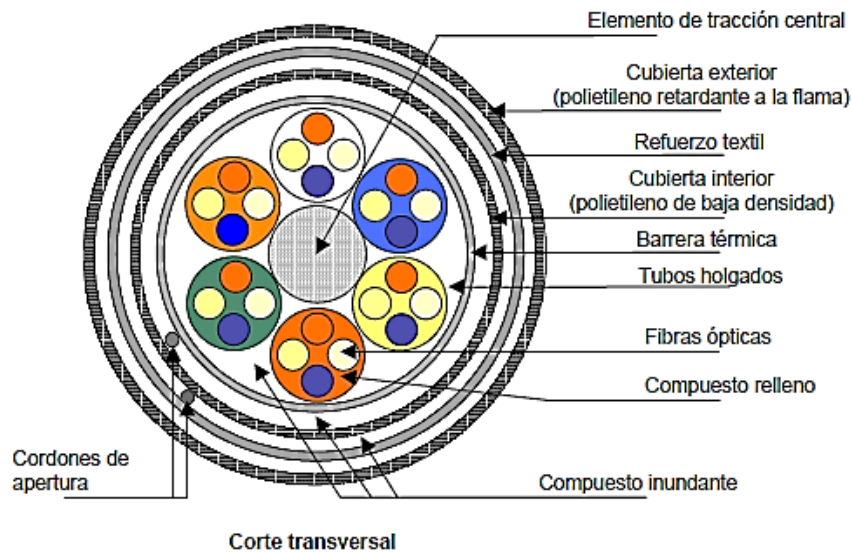


Figura 1.63. Corte Transversal de F.O. de uso interior.

1.13.7 Código de colores para tubos holgados

Los cables de fibra óptica cuentan con un código de colores que nos permite identificar la numeración tanto de los tubos holgados como de las fibras.

Para identificar el orden de los tubos holgados contenidos en un cable de fibra óptica, éstos vienen en 6 diferentes colores a los cuales les corresponde un número, de acuerdo a la siguiente tabla

No. De tubo holgado	Color
1	Blanco
2	Azul
3	Amarillo
4	Rojo
5	Verde
6	Naranja

Tabla 1.20. Código de colores para tubos holgados.

Para los cables fabricados antes de 1994 el código de colores de los tubos holgados, de los 6 tubos, dos van coloreados uno de rojo y el otro de azul, los otros cuatro son de color natural.

El rojo se considera como piloto y el azul el sentido en el que se debe contar, siendo el rojo el tubo 1, el azul el tubo 2, siguiendo el mismo sentido los de color natural serán los tubos 3, 4, 5 y 6 respectivamente.

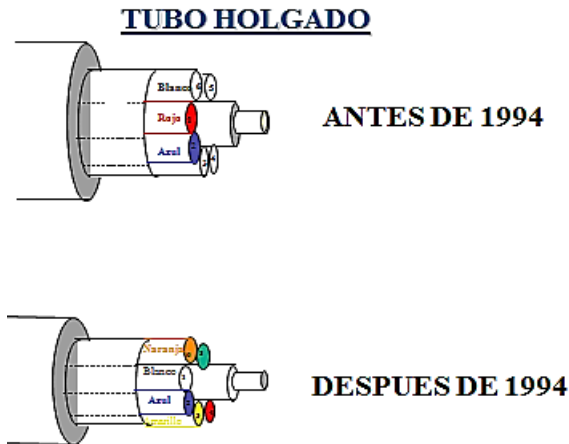


Figura 1.64. Identificación de las fibras ópticas.

- **Número de fibras ópticas por tubo holgado**

Todos los cables de Fibra Óptica que se utilizan actualmente constan de 6 tubos holgados. Se hace notar que dependiendo de la capacidad del cable no todos los tubos contendrán fibras ópticas, los cuales solamente vendrán de relleno. El número de fibras ópticas por tubo dependerá de la capacidad del cable, de acuerdo a la siguiente tabla:

Capacidad del cable	Nº de F.O. por tubo	Tubos ocupados	Tubos de relleno	Tubos por cable
6 F.O.	6	1	5	6
12 F.O.	4	3	3	6
18 F.O.	6	3	3	6
24 F.O. (*)	4	6	Ninguno	6
36 F.O.	6	6	Ninguno	6
48 F.O.	12	4	2	6
72 F.O.	12	6	ninguno	6

Tabla 1.21. Número de fibras para tubo holgado.

(*)Únicamente en los cables Larga Distancia de 24 F. O. se presenta la siguiente variante: 6 fibras por tubo/4 tubos ocupados/ 2 de relleno.

1.13.8 Código de colores para las fibras

Para identificar el orden de las fibras contenidas en los tubos holgados, éstos vienen en 12 diferentes colores a los cuales les corresponde un número, de acuerdo a la siguiente tabla:

No. De tubo holgado	Color
1	Natural
2	Azul
3	Amarillo
4	Rojo
5	Verde
6	Naranja
7	Violeta
8	Café
9	Gris
10	Negro
11	Rosa
12	Blanco

Tabla 1.22. Código de colores para las fibras.

El código de colores para los cables tipo TM-7 L.D. y TM-8 L.D. es diferente al de los demás cables, siendo el de la siguiente tabla tanto para los tubos holgados como para las fibras:

No. De tubo holgado	Color
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Café
5	Gris
6	Blanco

Tabla 1.23. Código de colores para tubo holgado y fibras.

a) Numeración de las fibras ópticas en los tubos holgados

La numeración de las fibras ópticas dentro de los tubos holgados dependerá del número de fibras ópticas/tubo, de acuerdo a la siguiente tabla:

N° de F.O. / tubo	Tubo 1 (Blanco)	Tubo 2 (Azul)	Tubo 3 (Amarillo)	Tubo 4 (Rojo)	Tubo 5 (Verde)	Tubo 6 (Naranja)
4	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	17 - 20	21 - 24
6	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
12	1 - 12	13 - 24	25 - 36	37 - 48	49 - 60	61 - 72

Tabla 1.24. Número de fibras en los tubos holgados.

b) Identificación del número de fibra por su color

Cuando se quiera saber el número correspondiente de una determinada fibra en un cable seguiremos lo siguiente:

- 1) Verificar de qué capacidad es el cable.
- 2) De acuerdo a la capacidad, determinar si contiene 4, 6, ó 12 fibras por tubo:
 - **4 fibras por tubo:**En cada tubo las fibras tendrán los 4 primeros colores del código (**del natural al rojo**).
 - **6 fibras por tubo:**En cada tubo las fibras tendrán los 6 primeros colores del código (**del natural al naranja**).
 - **12 fibras por tubo:**En cada tubo las fibras tendrán los 12 colores del código (**del natural al blanco**).
- 3) Con el número del tubo (según color) sabremos la numeración de las fibras contenidas en ese tubo.
- 4) Con el color de la fibra se determina el número de ésta.

1.14 Tipos de Conectores

Dentro de la arquitectura de fibra óptica se pueden encontrar diversos conectores de fibra óptica pasiva necesarios para establecer un enlace óptico, la de permitir el alineamiento y unión temporal y repetitivo, de dos o más fibras ópticas entre sí y en las mejores condiciones ópticas posibles.



Figura 1.65. Tipos de conectores FC y SC.

Las diferentes aplicaciones de fibra requieren conectores para fibra Monomodo (SM) o Multimodo (MM). Posteriormente, y para conseguir una mayor densidad de fibras en los repartidores, se desarrolló el conector SC (SubscriberConnector o Standard Connector), con cuerpo plástico con mecanismo Push-Pull para proteger la ferrule cerámica.

Por último, y principalmente por razones de densidad, contamos con los conectores ópticos de tipo SFFC (Small Form Factor Connectors), comprendidos en dos grupos:

- Los de tipo LC (LucentConnector o Local Connector)
- Los de tipo ferrule multifibra: MT-RJ, Volition (3M), Fiber Jack (Panduit) MP, que permiten alojar dos o más fibras en una ferrule única.



Figura 1.66. Conectores de fibra óptica.

1.14.1 Los conectores LC

Desarrollados en 1997 por Lucent Technologies, los conectores LC pertenecen a la familia de los Small Form Factor Connectors, tienen un aspecto exterior similar a un pequeño SC, con el tamaño de un RJ 45 y se presentan en formato sencillo o Duplex, diferenciándose externamente los de tipo SM de los de tipo MM por un código de colores, que se corresponde con un diámetro interno de la ferrule de 125,5 o 128 μm .



Figura1.67. Conectores LC.

El conector LC, con ferrule de 1,25 mm., puede ser suministrado en SM con pulido PC o APC, y proporciona unas pérdidas por conector de (<0.25 dB). Al inspeccionar un conector, es preciso tener en cuenta dos componentes principales: el conector en sí y la ferrule.

1.14.2 Los conectores SC

El conector SC es un conector de broche, también con una férula de 2.5 mm. que es ampliamente utilizado por su excelente desempeño. Fue el conector estandarizado en TIA-568-A, pero no fue utilizado ampliamente en un principio porque tenía un costo del doble de un ST. En la actualidad es solo un poco más costoso y más común, ya que se conecta con un movimiento simple de inserción que atora el conector. Existe también la configuración dúplex



Figura 1.68. Conector SC.

Internamente los conectores tienen un tipo de pulido específico, cuyas características difieren principalmente en la calidad física del enlace.

1.14.3 Conector Plano

Cuando son enfrentados existe un espacio de aire entre las dos superficies debido a pequeñas imperfecciones en las superficies planas.



Figura 1.69. Conector plano.

1.14.4 PC (PhysicalContact – Contacto Físico)

Es la conexión más común, las dos fibras se encuentran como en el conector plano, pero las superficies son pulidas siendo levemente curvas o esféricas, la cual elimina el espacio de aire y fuerza a las fibras a entrar en contacto.



Figura 1.70. Conector PC.

1.14.5 UPC Color azul (Ultra PhysicalContact – Ultra Contacto Físico)

Es una mejora al conector PC. Las superficies son tratadas con un pulido extendido para una mejor terminación de la superficie.



Figura 1.71. Conector UPC.

1.14.6 APC Color Verde (AngledPhysicalContact – Angular Contacto Físico)

Es la última tecnología en contactos ópticos, en el cual las superficies del conector son curvadas y además anguladas en 8° . Esto mantiene una conexión firme y reduce considerablemente la reflexión



Figura 1.72. Conector APC.

Al contar los ST y FC con ferrules de posición fija, se procede a montar conectores de tipo PC (PhysicalContact) para minimizar la atenuación, normalmente de pulido plano para MM y esférico para SM.

Al aparecer en el mercado los sistemas de alta sensibilidad a la reflexión de señal (CATV o sistemas Telecom de alta velocidad), y con el fin de maximizar las pérdidas de retorno, se perfeccionan los sistemas de pulido, desarrollando las tecnologías SPC y UPC (con pérdidas de retorno > 45 dB y >55 dB respectivamente), mejorando los sistemas de pulido y APC (> 65 dB) que consiste en dotar al extremo esférico de la ferrule de un ángulo de 8° que desviará al revestimiento todas aquellas reflexiones que no coincidan con el modo principal.

1.14.7 La ferrule

Es el elemento, en un conector, que soporta la fibra y posibilita su posicionamiento y alineación. Esta parte del conector permite el conectar un cable, o bien a otro cable, o a un emisor o receptor.

Normalmente son fabricadas con cristal, plástico, metal o materiales cerámicos, y comprende tres secciones principales:

- **La zona A**, que se corresponde con el núcleo de la fibra óptica, permite la propagación de la señal lumínica.
- **La zona B**, o recubrimiento es el material óptico exterior que envuelve el núcleo y refleja la señal en el núcleo.
- **La zona C** es el revestimiento exterior que rodea el recubrimiento y protege la fibra contra las agresiones mecánicas y la humedad, normalmente material plástico.

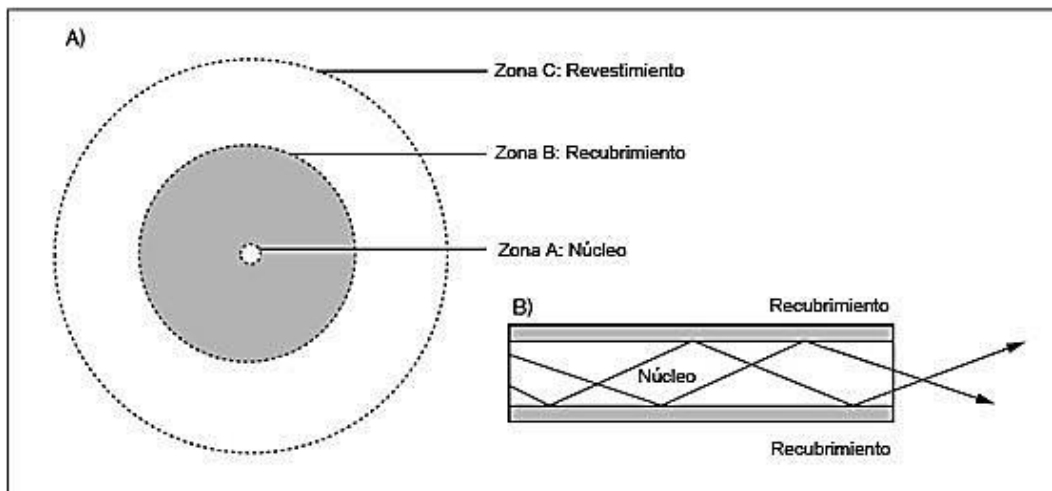


Figura 1.73. Elementos de un ferrule.

Capítulo 2

Instalación y pruebas de medición a la fibra óptica pasiva

2.1 Introducción

En este capítulo, conocerás los nuevos elementos de red que se integran con la tecnología de fibra óptica.

En la búsqueda por encontrar materiales conductores con poca pérdida en la intensidad de la señal, capaces de soportar transmisiones de altas frecuencias y resistentes a las condiciones ambientales, la ingeniería llegó al desarrollo de la transmisión de señales luminosas a través de conductores elaborados con fibras de cristal o plásticas denominados fibras ópticas.

En la construcción, operación y mantenimiento de enlaces de fibra óptica se requieren de mediciones técnicas para verificar las características de los mismos, desde cada uno de sus componentes, hasta la transmisión, debiendo cumplir con los parámetros y valores establecidos en el Protocolo # 9.

La evolución de la tecnología en el área de las telecomunicaciones ha conducido al ser humano a encontrar soluciones que permitan enviar cada vez más información de un punto a otro, a mayores velocidades y a mayores distancias con el mínimo de ruido posible.

2.2 Planta Externa

La Red Óptica Secundaria forma la segunda fase de la topología de la red de la Planta Externa y puede ser diseñada de dos maneras diferentes: Centralizada y Distribuida.

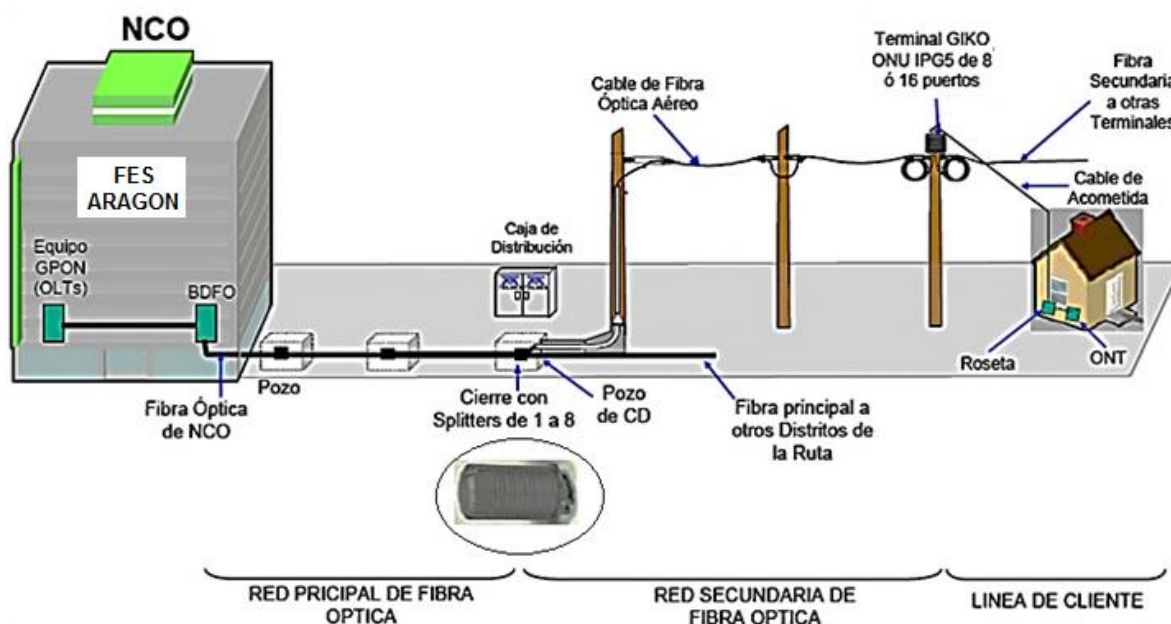


Figura 2.1. Red Principal y Red Secundaria.

2.2.1 Red Centralizada

Está formada por los cables que salen de la Caja de Distribución Óptica, en la que se alojan los elementos Divisores (Splitters) y alimentan a varias Terminales Ópticas (puntos de dispersión), como se muestra en la siguiente figura:

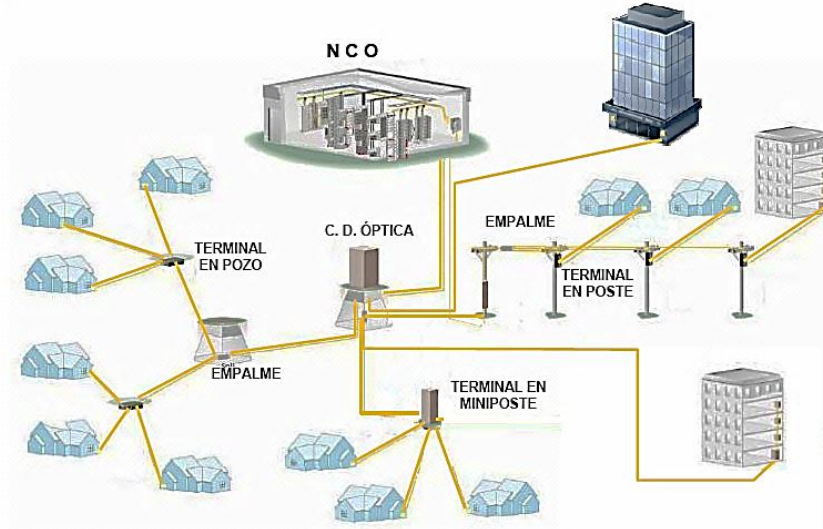


Figura 2.2. Topología de la Red Óptica Secundaria Centralizada.

2.2.2 Red Distribuida

Está formada por los cables que salen de un Cierre de Empalme en el que se alojan los primeros elementos Divisores (Splitters) y alimentan a varias Terminales Ópticas (puntos de dispersión), que a su vez alojan los segundos puntos Divisores (Splitters), como se muestra en la siguiente figura:

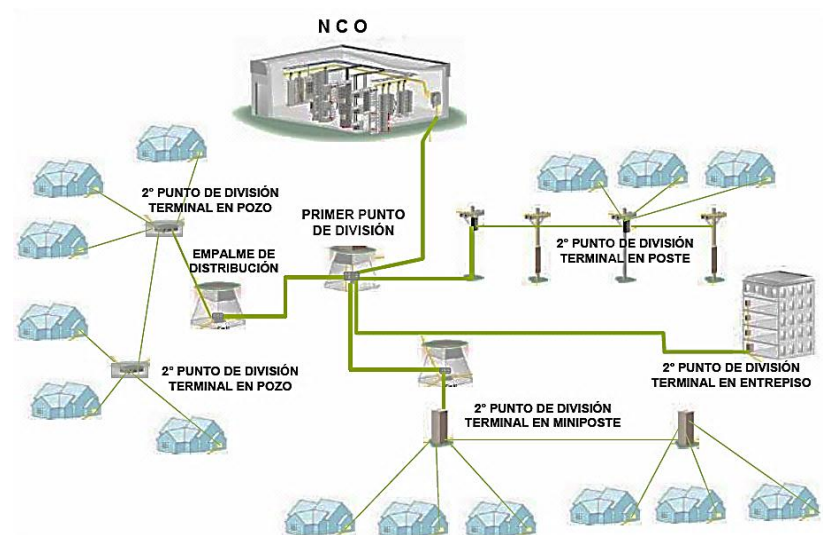


Figura 2.3. Topología de la Red Óptica Secundaria Distribuida.

2.2.3 Elementos de una Red Óptica Secundaria

1. Caja de Distribución Óptica (CDO)

Utilizada en el diseño de una Red Centralizada, es un elemento de la Planta Externa cuya función es realizar la interconexión entre la Red Principal, a través de los Divisores y la Red Secundaria. Para su dimensionamiento, se considera la demanda a saturación, así como el área geográfica que alimentará.

Se tienen tres tipos de Caja de Distribución:

- **Chica:** Tiene capacidad de conectar 12 fibras principales y 288 fibras secundarias.
- **Mediana:** Tiene capacidad de conectar 24 fibras principales y 432 fibras secundarias
- **Grande:** Tiene capacidad de conectar 48 fibras principales y 864 fibras secundarias.



Figura 2.4. Caja de distribución (CDO).

CDO	Dimensiones cm (alto x ancho x profundidad)	Capacidad	Cantidad de divisores	Montaje
Chica	91.40 x 68.58 x 45.72	72 – 288 F.O.	12	Piso
Mediana	106.68 x 68.58 x 45.72	289 – 432 F.O.	24	Piso
Grande	124.50 x 119.40 x 50.80	433 - 864 F.O.	48	Piso

Tabla 2.1. Dimensiones de la caja de distribución.

2. Cierre de Empalme de División Óptico (CEDO)

Utilizado en el diseño de una Red Distribuida, es un elemento de la Planta Externa cuya función es realizar la interconexión entre la Red Principal, a través de los Divisores alojados en él y la Red Secundaria.

Se tienen dos tipos de Cierre de Empalme:

- Con capacidad de alojar de 1 a 4 Divisores con 4 puertos para cable y 4 charolas con un divisor por charola.
- Con capacidad de alojar de 5 a 12 Divisores con 6 puertos para cable y 6 charolas con capacidad de hasta dos divisores por charola.

3. Identificación del Punto de División

El código de identificación para el Punto de División (Caja de Distribución Óptica o Cierre de Empalme de División Óptico) se forma por 8 caracteres: los 3 primeros identifican las siglas de la Central y los 6 restantes el número de Distrito de la Red, siendo los dos últimos caracteres las letras “FO”, ejemplos: AB_0012FO, COG0004FO.

Las siglas de la Central serán las que correspondan al área geográfica de cobertura, donde se ubique el distrito.

En los casos de agrupación de distrito, la identificación del distrito debe ser el que corresponda en donde se coloque el cierre (CEDO). Para distritos existentes, se tomará el mismo código seguido de las letras “FO”.

4. Red Secundaria Centralizada

Tomando como base que los módulos de conexión, en las cajas de distribución ópticas, son de 72 posiciones, el módulo de conexión de la red secundaria se compone de bloques de 72 conectores; que a su vez se componen de 6 filas de 12 conectores cada uno y se identifican del 1 al 12, de izquierda a derecha.

La identificación de las filas corresponderá a las Terminales, identificadas de izquierda a derecha y de arriba abajo, e inicia con las iniciales A1 (para 12 conectores), enseguida la A2 y así sucesivamente hasta la A6, para completar 72 conectores.

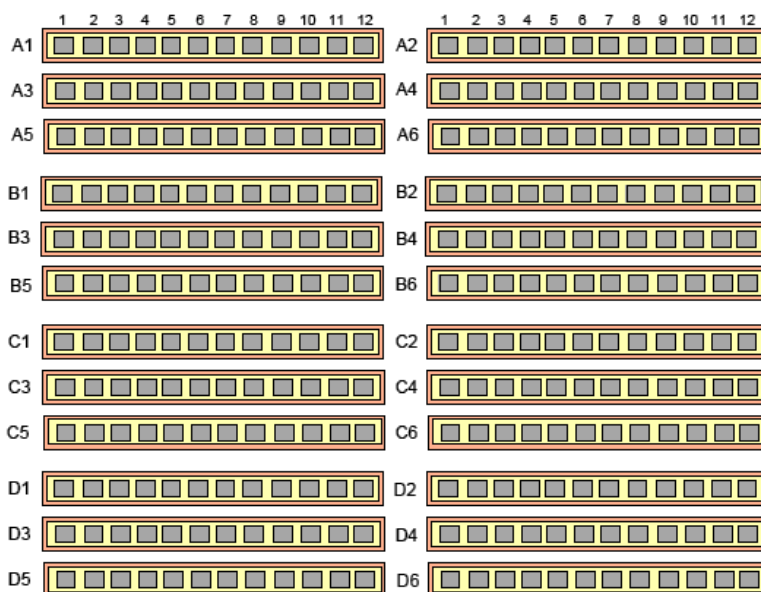


Figura 2.5. Identificación de los conectores de la Red Secundaria en la Caja de Distribución Óptica chica.

Durante el diseño de la Red Secundaria, la primera terminal (A1) debe quedar en la parte más alejada del distrito.

- Para Caja de Distribución Chica: A, B, C, D.
- Para Caja de Distribución Mediana: A, B, C, D, E, F.
- Para Caja de Distribución Grande: A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M.

5. Red Secundaria Distribuida

Dentro del Cierre de Empalme de División, en las charolas de empalme, se ubican los Divisores cuyas salidas alimentan a los cables secundarios y serán identificados de la siguiente manera:

En la primera charola se colocan los Divisores 1 y 2 y las 8 fibras salientes del primer divisor, corresponden a las terminales A1 a A8, numerando estas fibras de arriba hacia abajo y las siguientes 8 fibras salientes, correspondientes al segundo divisor, corresponden a las terminales B1 a B8.

En la segunda charola se colocan los Divisores 3 y 4, que corresponden a las terminales C1 a C8 y D1 a D8 y así sucesivamente véase las siguientes figuras.

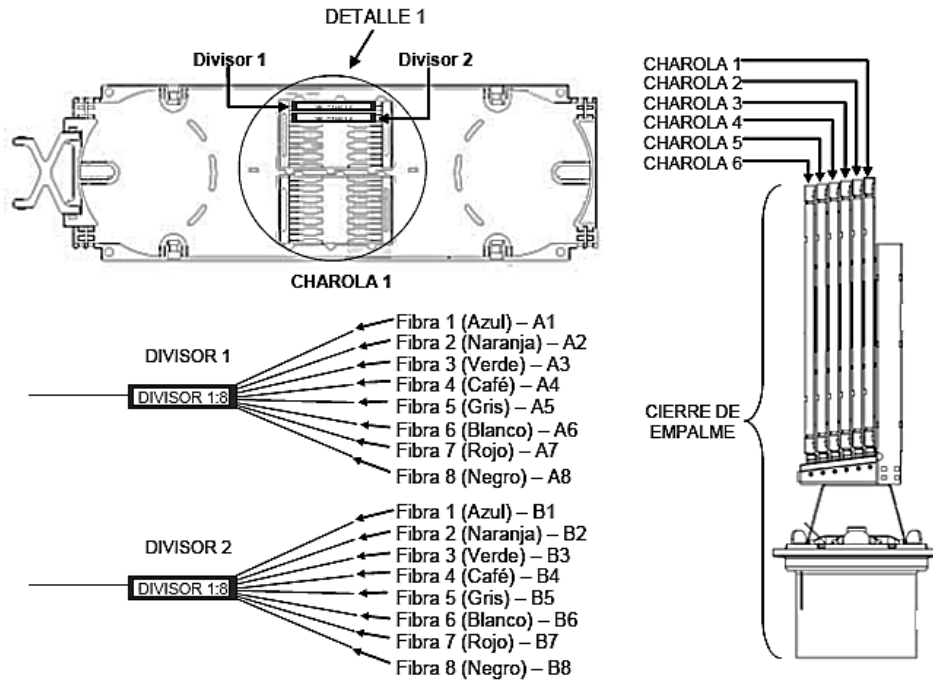


Figura 2.6. Identificación de las fibras de los Divisores en el Cierre de Empalme de División.

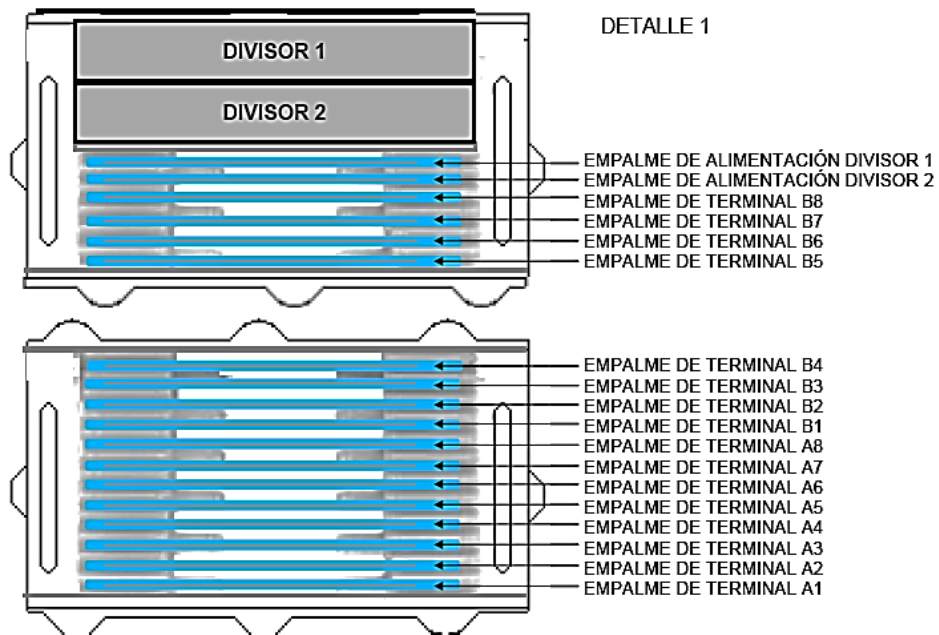


Figura 2.7. Ubicación de los empalmes de los Divisores y Terminales en el Cierre de Empalme de División.

Para identificar el Cable Red Secundaria se debe utilizar la placa de identificación con número de catálogo 1000670 y debe contener la siguiente información:

- Siglas de la Central
- Distrito
- Tipo de Cable
- Capacidad del cable y cantidad de fibras muertas
- Terminales que alimenta
- Mes y Año de Construcción
- Constructor

Las placas se deben colocar:

- Una placa en cada cable derivado a la salida de la Caja de Distribución Óptica o del Cierre de Empalme de División Óptico.
- Una placa en los pozos de paso (donde no existe empalme).
- En pozos de empalme: una placa antes del empalme, una placa después del empalme y una placa en cada cable derivado.

La siguiente figura muestra la Placa de identificación para cable de Red Secundaria de Fibra Óptica:

○	SIGLAS CENTRAL	MA	DISTRITO	MA_0002FO	CABLE	SFDTP-1	○
FES ARAGON	CALIBRE	24 FO-6M	CALIBRE		CUENTA	FO D. E. F1-2	
○	FECHA	02-11	CONSTRUCTOR		CICSA		○

Figura 2.8. Placa de identificación para cable de Red Secundaria de Fibra Óptica.

6. Puntos de Dispersión (Terminales)

Es el último punto de la Red Secundaria y son dispositivos desde los cuales se distribuye el servicio a los clientes a través del cordón de acometida óptico (bajante).

Red Centralizada. Las terminales a proyectar en una Red Centralizada tienen capacidad de 6 y 12 puertos y pueden ser instaladas en: pozo, poste, fachada, azoteas e interior.

Red Distribuida. Las terminales a proyectar en una Red Distribuida tienen capacidad de:

- 8 puertos con un divisor de 1:8 y pueden ser instaladas en pozo, poste, fachada, azotea e interior.
- 16 puertos con dos divisores de 1:8 y pueden ser instaladas en poste, fachada, azotea e interior.

La siguiente figura muestra las Terminales Ópticas:

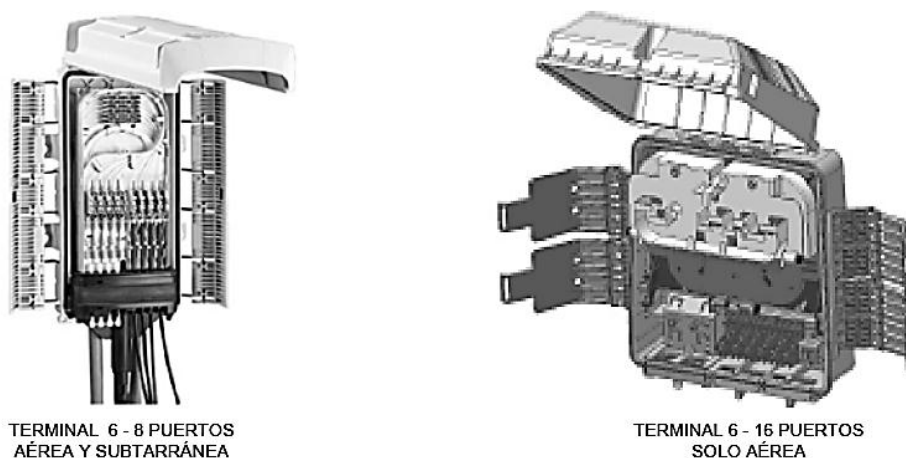


Figura 2.9. Terminales Ópticas.

Para identificar las Terminales se deben anteponer las letras “FO” a la nomenclatura, ejemplo: FOA1, FOD3, etc. La rotulación de los puertos de Dispersión se realiza con Etiquetas reflejantes adheribles, alfanuméricas, y deben contar con lo siguiente:

- **Iniciales de la Central.** Los dos o tres primeros caracteres deben ser alfabéticos y corresponden a las siglas de la central (se utilizarán dos caracteres para la identificación de las centrales ubicadas en las D.D. Metropolitanas y tres para la identificación de centrales en las D.D. restantes), ejemplo: MAZ, BO, MA, etc.
- **Número de Distrito.** Los siguientes tres caracteres deben ser numéricos y corresponden al número del distrito en que se encuentra el punto de dispersión (ejemplo: 104, 48, 5, 12, etc.).
- **Identificación del Punto de Dispersión.** Finalmente, los cuatro últimos caracteres deben ser alfanuméricos, de los cuales los tres primeros son alfabéticos y el cuarto numérico. Dichos caracteres corresponden al punto de dispersión (ejemplo FOA3, FOB5, FOD2, etc.). Para el caso de Terminales Reducidas, se debe adicionar un último carácter a la identificación ya sea “a” o “b”, que indica la terminal reducida.

2.2.4 Instalación del cable aéreo

Durante el proceso de instalación del cable de F.O. en postes se deben utilizar las normas, los equipos y herramientas adecuados, para que se garantice la calidad de los trabajos.

El cable de fibra óptica instalado en postes se utiliza principalmente en zonas suburbanas, en enlaces interurbanos y de larga distancia

Para la instalación de cable de F.O. en postes se utilizan determinados tipos de cables de acuerdo a sus especificaciones, así como diversos equipos y materiales de acuerdo a las necesidades que determina el proceso de construcción.

- La trayectoria del Cable Principal de Fibra debe ser por el lado del arroyo y la del Cable Secundario por el lado del parámetro (banqueta)
- En Postes de paso se debe colocar, como herraje de sujeción, “Tornillo con Tuerca 13 x 229 mm para Soporte para Colgante”, colgante y soporte para cable a 55 cm del desagüe del poste.
- En Postes Nuevos para Remate del cable, se debe instalar a 60 cm del desagüe del poste, Ancla para Remate.
- En postes con claves de cobre existentes, se deben utilizar los herrajes existentes en los postes, salvo en los postes de paso, donde se instalará el “Tornillo con Tuerca 13 x 229 mm para Soporte para Colgante, colgante y soporte para cable.
- Para rematar los cables se debe utilizar Remate Reliable de 1.5 toneladas, Remate Malico o Remate Preformado.
- Se pueden rematar 2 cables por cada orificio del Ancla para Remate.

2.2.5 Alturas de instalación de acuerdo a la normatividad NOM001 SEDE 1999

La Norma Oficial Mexicana (NOM 001SEDE-1999 “INSTALACIONES ELÉCTRICAS” (UTILIZACIÓN)) en su tabla 922-41 determina las alturas mínimas y condiciones de instalación sobre el suelo, agua o vías férreas de los cables aéreos, conforme a la siguiente tabla:

Superficie	Altura (m)
Vías férreas	7.2
Cruces de carreteras, calles, callejones y caminos vecinales	4.7
Cruces de entradas a cocheras o estacionamientos	4.5
A lo largo de carreteras, calles callejones y caminos vecinales	4.1
Espacios no transitados por vehículos	2.9

Tabla 2.2. Alturas mínimas a la normatividad NOM 001 SEDE 1999.

a) Altura útil de los postes

Al instalar una corrida de postes se debe tomar en cuenta la NOM 001 sede-1999 para seleccionar la altura de éstos, para librar las alturas mínimas requeridas; para lo cual se calcula la altura útil del poste mediante la siguiente fórmula:

$$A_{up} = L_p - (P_e + A_h)$$

Donde:

A_{up} = Altura útil del poste (m)

L_p = Longitud del poste (m)

P_e = Profundidad de enterrado del poste (m)

A_h = Altura del herraje de fijación del cable (m)

b) Altura resultante del cable sobre la superficie

Una vez obtenida la altura útil de los postes, se podrá obtener la altura resultante del cable sobre la superficie del suelo, vías férreas o agua; para lo cual es necesario conocer la flecha máxima resultante (según la distancia interpostal) y se aplica la siguiente fórmula:

$$A_{cab} = A_{up} - F_{m\acute{a}x}$$

Donde:

A_{cab} = Altura resultante del cable

A_{up} = Altura útil del poste (m)

$F_{m\acute{a}x}$ = Flecha máxima

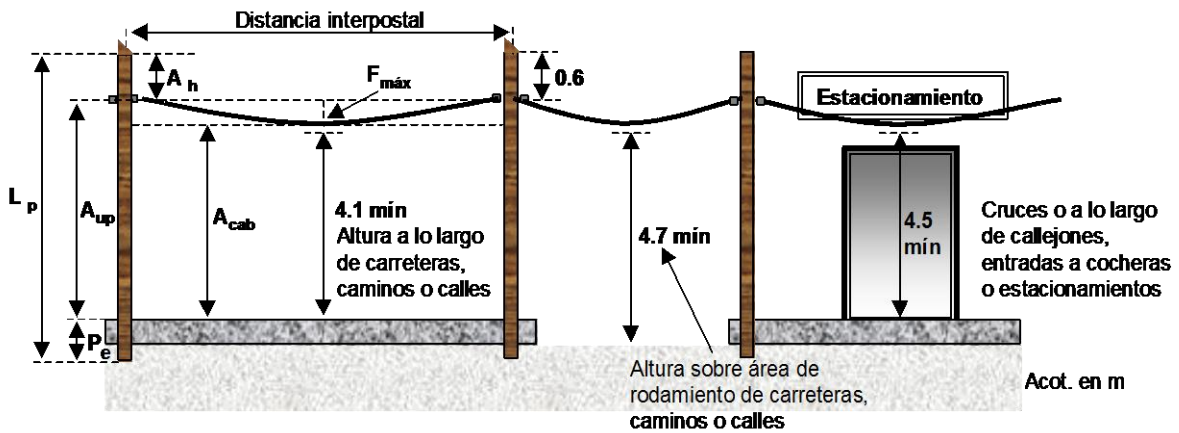


Figura 2.10. Alturas de instalación del cable de F.O. de acuerdo a la normativa NOM 001 sede 1999

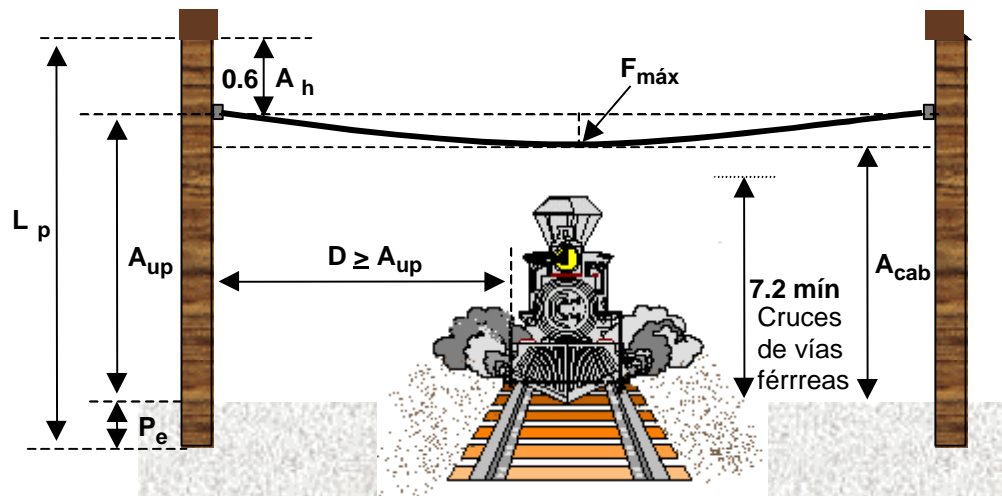


Figura 2.11. Alturas de instalación del cable de F.O. de acuerdo a la normativa NOM 001 sede 1999

c) Altura resultante con postes de 25 pies (7.5 m)

En la siguiente tabla se muestra la altura resultante del cable para las diferentes flechas máximas (según la distancia interpostal), cuando se utilizan postes de 25 pies (7.5 m).

Sabiendo que la norma indica que:

- Profundidad de enterrado = 1.2 m
- Altura de herraje de fijación del cable = 0.60 m (del desagüe)

Se calcula primero la altura útil del poste:

$$A_{up} = 7.5 - (1.2 + 0.6) = 5.7 \text{ m}$$

Posteriormente se calcula la altura resultante del cable:

$$A_{cab} = 5.7 - F_{m\acute{a}x}$$

Sustituyendo $F_{m\acute{a}x}$ por el valor de cada una de las flechas máximas (para cada distancia interpostal).

Distancia interpostal (m)	Flecha máxima (m)	Altura resultante (m)	Altura mínima de los cables según NOM 001	
30	0.11	5.59	4.7 m	Cruces de carreteras, calles, callejones caminos vecinales
40	0.19	5.51	4.5 m	Cruces o a lo largo de callejones, entradas a cocheras o estacionamientos
50	0.30	5.40		
60	0.44	5.26	4.1 m	A lo largo de carreteras, calles, callejones en zonas urbanas o rurales
70	0.59	5.11	4.0 m	Agua donde no está permitida la navegación
80	0.78	4.92		
90	0.91	4.79		

A diferentes longitudes interpostales con flechas máximas se cumple con las alturas mínimas requeridas, las alturas resultantes permiten resolver diferencias de nivel en el terreno de hasta 0.89 m

Tabla 2.3. Altura resultante con postes de 25 pies (7.5 m).

d) Altura resultante con postes de 30 pies (9.0 m)

En la siguiente tabla se muestra la altura resultante del cable para las diferentes flechas máximas (según la distancia interpostal), cuando se utilizan postes de 30 pies (9.0 m).

Sabiendo que la norma indica que:

- Profundidad de enterrado = 1.3 m
- Altura de herraje de fijación del cable = 0.60 m (del desagüe)

Se calcula primero la altura útil del poste:

$$A_{up} = 9.0 - (1.3 + 0.6) = 7.1 \text{ m}$$

Posteriormente se calcula la altura resultante del cable:

$$A_{cab} = 7.1 - F_{m\acute{a}x}$$

Sustituyendo $F_{m\acute{a}x}$ por el valor de cada una de las flechas máximas (para cada distancia interpostal).

Distancia interpostal (m)	Flecha máxima (m)	Altura resultante (m)	Altura mínima de los cables según NOM 001	
30	0.11	6.99	4.7 m	Cruces de carreteras, calles, callejones caminos vecinales con desniveles de terreno
40	0.19	6.91		
50	0.30	6.8		
60	0.44	6.66		

Además de que se cumple con las alturas mínimas requeridas en cruces de carreteras, calles, callejones caminos vecinales, las alturas resultantes permiten resolver diferencias de nivel en el terreno de 1.96m hasta 2.29 m.

Tabla 2.4. Altura resultante con postes de 30 pies (9.0 m).

e) Altura resultante con postes de 35 pies (10.5 m)

En la siguiente tabla se muestra la altura resultante del cable para las diferentes flechas máximas (según la distancia interpostal), cuando se utilizan postes de 35 pies (10.5 m).

Sabiendo que la norma indica que:

- Profundidad de enterrado = 1.4 m
- Altura de herraje de fijación del cable = 0.60 m (del desagüe)

Se calcula primero la altura útil del poste:

$$A_{up} = 10.5 - (1.4 + 0.6) = 8.5 \text{ m}$$

Posteriormente se calcula la altura resultante del cable:

$$A_{cab} = 8.5 - F_{m\acute{a}x}$$

Sustituyendo $F_{m\acute{a}x}$ por el valor de cada una de las flechas máximas (para cada distancia interpostal).

Distancia interpostal (m)	Flecha máxima (m)	Altura resultante (m)	Altura mínima de los cables según NOM 001	
30	0.11	8.39	7.2 m	Cruces de vías férreas
40	0.19	8.31	4.7	Cruces de carreteras, calles, callejones caminos vecinales con desniveles de terreno
50	0.30	8.2		

Además de que se cumple con las alturas mínimas requeridas en cruces de vías férreas las alturas resultantes permiten resolver diferencias de nivel en el terreno de 1.0 m hasta 1.19 m y en cruces de carreteras, calles, callejones y caminos vecinales, permiten resolver diferencias de nivel en el terreno de 3.3 m hasta 3.6 m.

Tabla 2.5. Altura resultante con postes de 35 pies (10.5 m).

f) Altura resultante con postes de 40 pies (12.2 m)

En la siguiente tabla se muestra la altura resultante del cable para las diferentes flechas máximas (según la distancia interpostal), cuando se utilizan postes de 40 pies (12.2 m).

Sabiendo que la norma indica que:

- Profundidad de enterrado = 1.5 m
- Altura de herraje de fijación del cable = 0.60 m (del desagüe)

Se calcula primero la altura útil del poste:

$$A_{up} = 12.2 - (1.5 + 0.6) = 10.1 \text{ m}$$

Posteriormente se calcula la altura resultante del cable:

$$A_{cab} = 10.1 - F_{m\acute{a}x}$$

Sustituyendo $F_{m\acute{a}x}$ por el valor de cada una de las flechas máximas (para cada distancia interpostal).

Distancia interpostal (m)	Flecha máxima (m)	Altura resultante (m)	Altura mínima de los cables según NOM 001	
30	0.11	9.99	7.2 m	Cruces de vías férreas con desniveles de terreno
40	0.19	9.91		
50	0.30	9.8		
Además de que se cumple con las alturas mínimas requeridas en cruces de vías férreas las alturas resultantes permiten resolver diferencias de nivel en el terreno de 2.6 m hasta 2.79 m				

Tabla 2.6. Altura resultante con postes de 40 pies (12.2 m).

2.2.6 Distancia interpostal flechas y tensiones de instalación

Al efectuar el tendido del cable se debe considerar la temperatura ambiente en ese momento, para determinar la tensión de instalación (la que corresponda según tabla), lo cual dará como resultante una determinada flecha, según sea la distancia interpostal.

La siguiente tabla es aplicable para los cables TM-6E y TM-15 la cual nos muestra la relación entre la flecha con respecto a la distancia interpostal, tensión de instalación y temperatura, estableciendo que el tendido se hará a una tensión constante

Distancia interpostal	Temperatura al instalar (°C)										Flechas (cm)
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	
20	1.6	1.6	1.8	1.9	1.9	2.1	2.1	2.3	2.4	2.6	
30	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.7	4.9	5.2	5.5	5.8	
40	6.5	6.8	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.2	9.8	10.3	
50	10.1	10.6	11.2	11.7	12.3	13	13.7	14.4	15.3	16.2	
60	14.6	15.3	16.1	16.9	17.8	18.7	19.7	20.8	22	23.4	
70	19.9	20.9	21.9	23	24.3	25.5	26.8	28.3	30	31.9	
80	26	27.3	28.7	30.1	31.7	33.3	35	37	39.2	41.6	
90	32.9	34.6	36.3	38.1	40.1	42.1	44.3	46.9	49.6	52.7	
100	40.7	42.7	44.8	47.1	49.5	52	54.8	57.8	61.2	65.1	
Tensión (Kg)	700	667	635	605	575	547	520	492	465	437	

Tabla 2.7. Distancia interpostal flechas y tensiones de instalación.

a) Tensado y fijación del cable

Una vez que se ha tendido el cable en los postes se procederá a tensarlo y fijarlo. La siguiente tabla muestra el procedimiento para el tensado y fijación del cable:

Paso	Acción
1	Instale los herrajes para los remates y sujeción del cable en todos los postes.
2	Instale en el extremo de la guía del cable, el remate del último poste del tramo o final de corrida.
3	Coloque una polea o una horquilla en el penúltimo poste y sujete el dinamómetro a ésta. La carátula debe quedar frente al operario. Fije el templador de matraca al dinamómetro y a la guía del cable.
4	Establezca previamente la tensión requerida en el dinamómetro y aplíquela a la guía del cable por medio del templador de matraca. Increméntela poco a poco hasta llegar a la tensión fijada en el dinamómetro.
5	Fije la pinza del remate (Málico) a la guía del cable. Aplique previamente una sobretensión del 10 al 20 %.
6	Libere la tensión aflojando el templador de la matraca y retírelo. El cable ha quedado instalado a la tensión y flecha de norma.
7	Repita la operación para cada poste de remate siguiendo el sentido del final de corrida hacia el inicio. Debe dejar una omega de cable, cuidando que ésta no sea menor al radio mínimo de curvatura del cable.

Tabla 2.8. Tensado y fijación del cable.

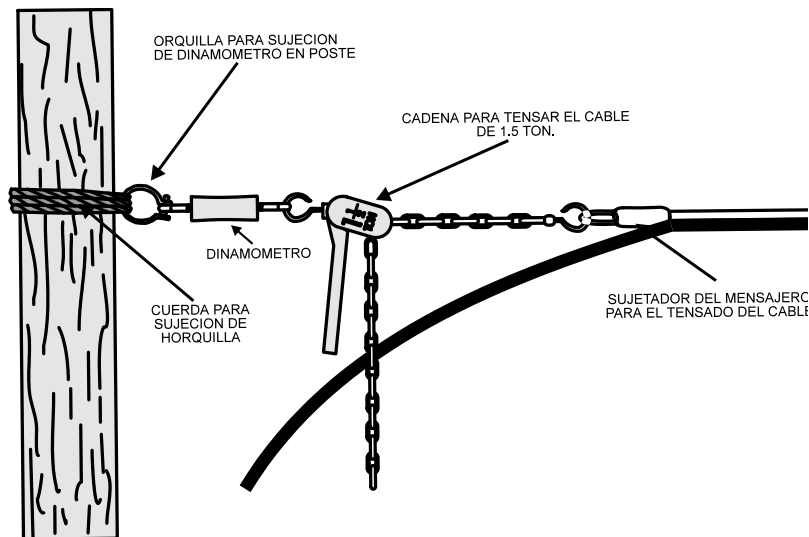


Figura 2.12. Elementos de tensado y fijación del cable.

b) Herrajes para postes de remate

En la siguiente tabla se muestra el tipo de herraje a utilizar para la sujeción del cable en los postes de remate, así como los puntos de aplicación:

Herraje en poste	Herraje de fijación	Aplicación
Ancla para remate (en el sentido de la trayectoria)	Pinza Málico	Inicio y final de corrida Postes con retenidas Postes con bajada a empalmes Postes con empalmes Postes con gazas Trayectoria recta a cada 500 m aproximadamente Cambio de trayectoria mayor a 30° Cruces de carreteras y calles

Tabla 2.9. Herrajes para postes de remate.

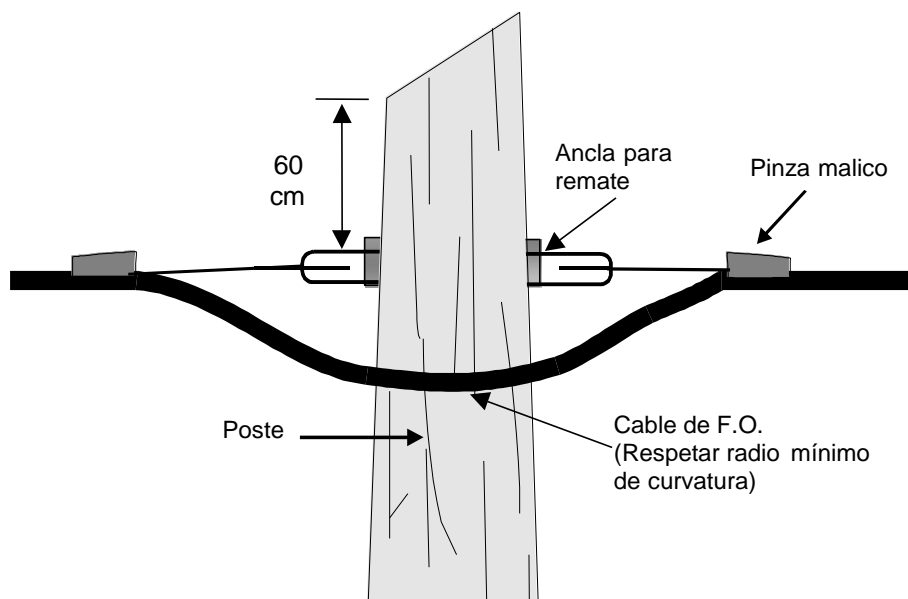


Figura 2.13. Elementos Herrajes para postes de remate.

c) Herrajes para postes de paso

En la siguiente tabla se muestra el tipo de herraje a utilizar para la sujeción del cable en los postes de paso, así como los puntos de aplicación:

Herraje en poste	Herraje de fijación	Aplicación
Tornillo con tuerca 13 x 229 mm para soporte de colgante	Colgante y soporte para cable	Trayectoria recta, entre postes de remate

Tabla 2.10. Herrajes para postes de paso.

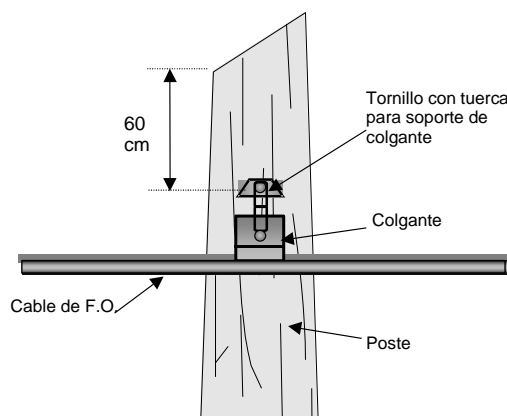


Figura 2.14. Elementos Herrajes para postes de paso.

d) Colocación de placas de identificación

En la instalación de cable aéreo se deberán colocar sobre el mismo, placas de identificación de aluminio en los siguientes puntos:

Lugar	Nº de placas	Puntos de fijación
Poste con gazas	2	Una al final y otra al principio del loop
Poste de empalme	2	Una a cada lado del empalme
Subida a poste	1	A la salida del canal de subida
Trayectoria	1	A cada 200 m cerca del remate o del colgante

Tabla 2.11. Colocación de las placas de identificación.

e) Retenidas

Las retenidas a poste se emplean para el equilibrio de cargas en los postes de una corrida y se aplican en los siguientes casos:

- En corridas rectas a cada 500 m
- En cambios de dirección mayores a 30°
- En diferencias de tensión entre tramos, mayores a 300 Kg
- En todos los remates de inicio y final de corrida

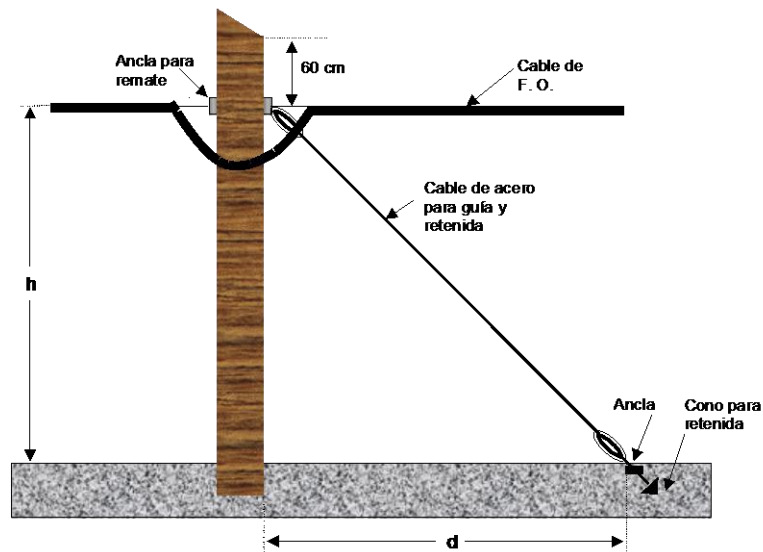


Figura 2.15. Elementos de retenida.

Para condiciones normales de carga: $d = h/2$

Para cargas con cables pesados: $d = h$

Para cargas ligeras: $d = h/4$

Donde:

d = Distancia entre el poste y el ancla

h = Altura del nivel de piso al remate en el poste

f) **Subida y bajada del poste con el cable de Fibra Óptica.**

Cuando haya necesidad de efectuar un empalme en pozo, o continuar la ruta del cable por canalización, se construye una subida o bajada del poste, cuidando de no exceder los radios mínimos de curvatura, protegiendo el cable sobre el cuerpo del poste con tres canaletas y base para canaleta, fijándolo al mismo con cinturones de sujeción.

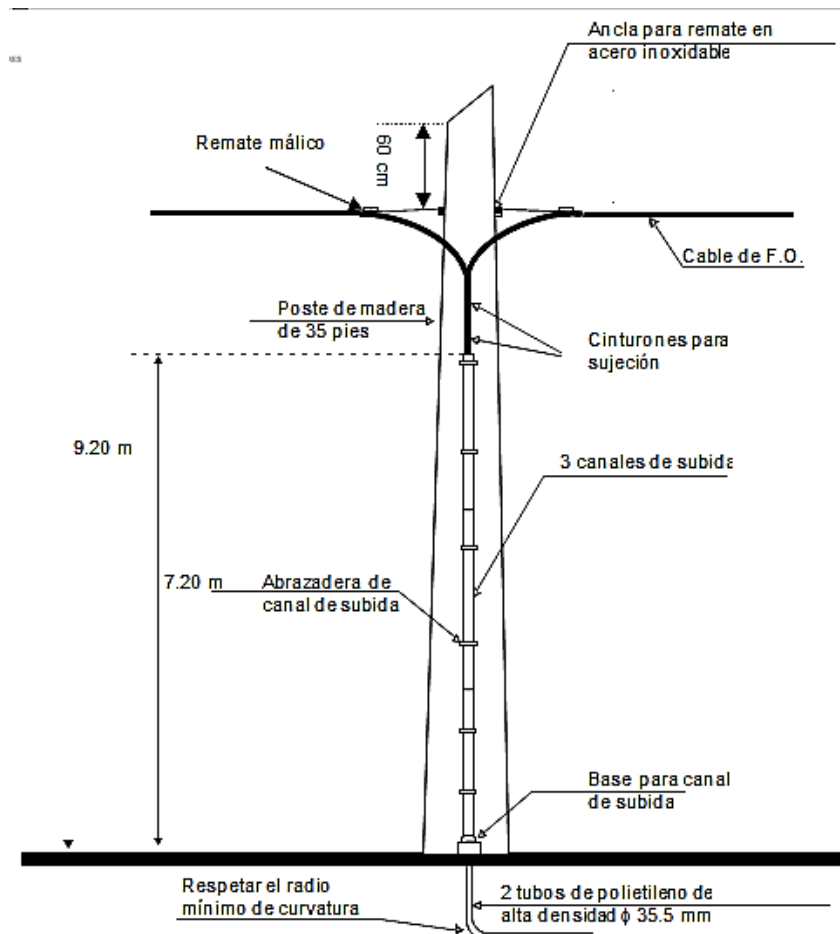


Figura 2.16. Subida y bajada del poste con el cable de Fibra Óptica.

g) Empalmes y gazas en postes

Para la instalación de cierres de empalme y gazas en poste hay que apegarse los siguientes lineamientos:

- El cierre y las gazas se colocarán en el lado arrollo del poste.
- En postes de red aérea de cobre existente el cierre de empalme se instalará en el poste que menos ocupado esté (con terminales u otros cierres).
- En caso de que no se pueda montar el cierre de empalme debido a la saturación en el poste (por terminales u otros cierres), se montará poste de madera nuevo.

Para la instalación del cierre de empalme en poste se deberá dejar un excedente de 30 m de cable por lado en el poste seleccionado para dicho fin.

Este excedente servirá para realizar el empalme al nivel del piso y para la realización de gazas las cuales se colocarán en los postes adyacentes al de empalme.

Para lo cual se sigue el procedimiento descrito a continuación:

1. Realice el empalme en la camioneta equipada para ello y ciérrelo.
2. Súbalo a la altura requerida jalando los extremos de los cables hacia los postes anterior y posterior. Fíjelo en el poste; en donde se instaló previamente el soporte de fijación del cierre a 60 cm del desagüe del poste.

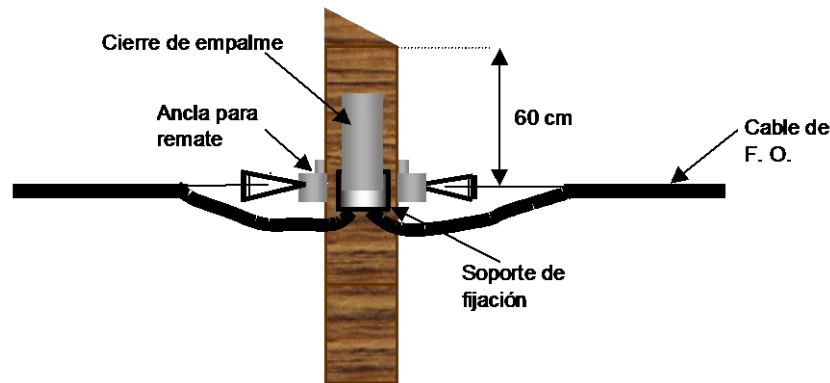


Figura 2.17. Fijación del cierre en el poste junto con gazas.

3. Jale el total del cable sobrante hacia los postes anterior y posterior al empalme y extiéndalo en el piso.

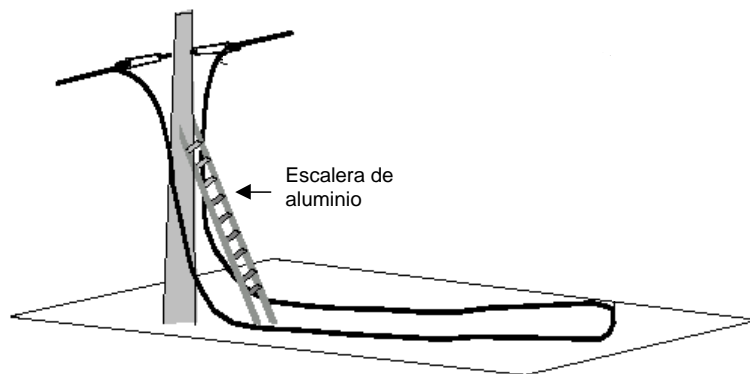


Figura 2.18. Extendido del cable sobre la banqueta.

4. Realice las gazas.
 - Enrolle el cable de fibra óptica hasta el pie de la escalera.
 - Amarre la primera circunferencia con rafia en donde se cruza el cable, así como cada tres vueltas, para evitar que se deforme.
 - El diámetro interior de las mismas deberá ser de 80 a 90 cm.

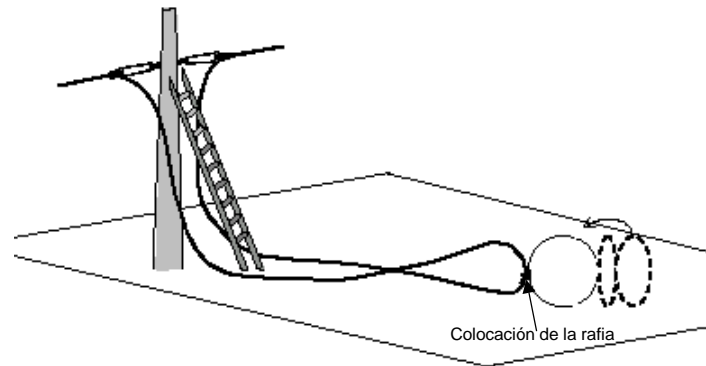


Figura 2.19. Realización de las gazas en la banqueta.

5. Suba la gaza al poste

- Amarre la escalera al poste y comience a subir enrollando el cable.
- Coloque previamente 3 amarres con rafia, distribuidos en la circunferencia de la gaza, con la finalidad de poderla subir sin que se deshaga.

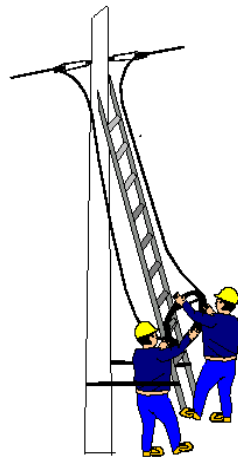


Figura 2.20. Colocación de la gaza en el poste.

6. Fije la gaza en el poste a la altura del cable.
 - Una vez terminada la gaza colóquese 4 cinturones de plástico distribuidos a cada 90°

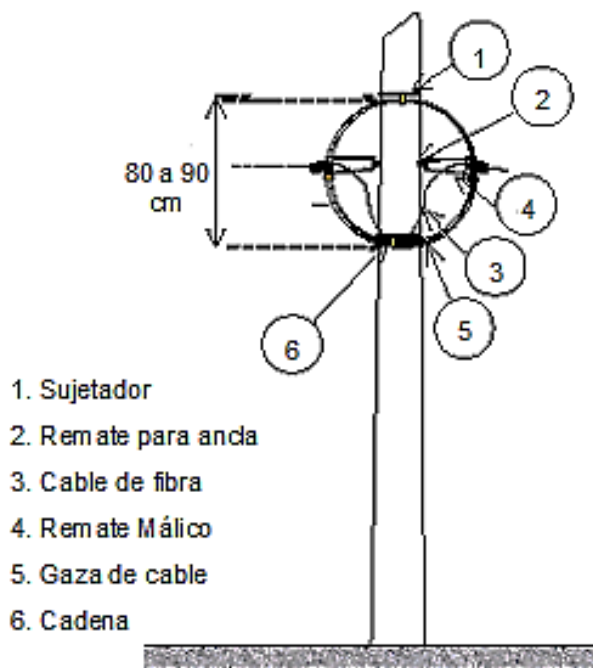


Figura 2.21. Elementos de colocación de las gazas en el poste.

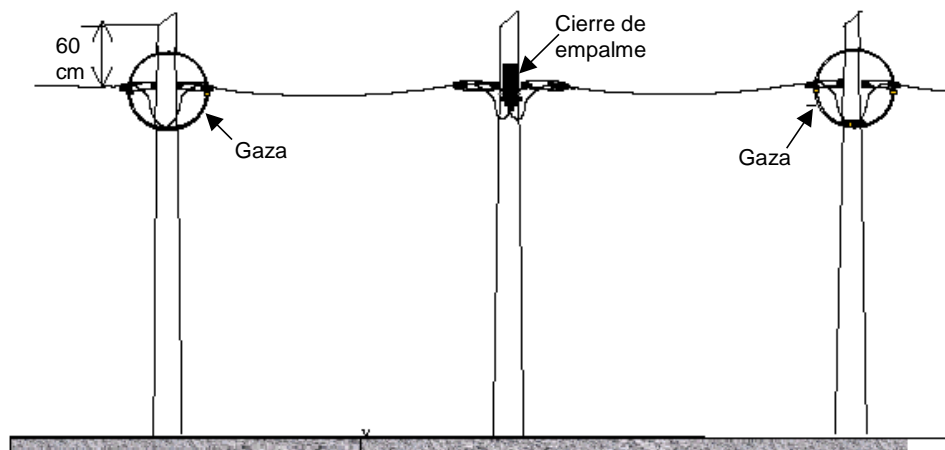


Figura 2.22. Ubicación de cierre de empalme y gazas en postes.

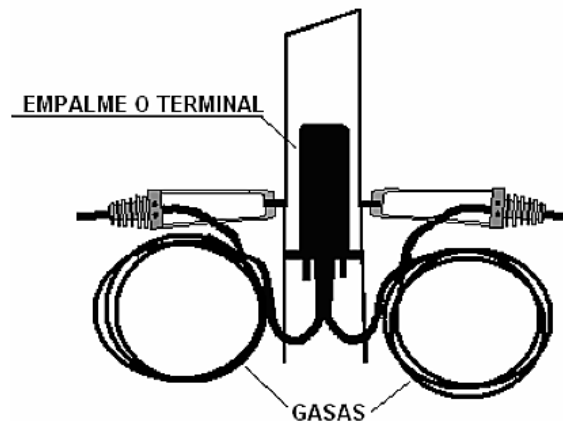


Figura 2.23. Presentación final de cierre y gasas en el poste.

2.2.7 Ubicación de cierres de empalme y puntos de dispersión

Cuando en la ruta se requiera realizar empalmes intermedios o instalar Puntos de Dispersión, el cable, los Cierres de Empalme y las Cajas Terminales se instalarán en postes bajo las siguientes consideraciones:

- Los cierres de empalme para cable, se deben colocar en el poste del lado del arroyo.
- En poste de corridas con red aérea de cobre existente, el Cierre de Empalme o Punto de dispersión, se debe colocar en el poste se debe colocar en el poste que esté menos ocupado (con cierres o terminales) para fijar ahí el empalme a una altura inferior, donde si se pueda instalar.
- Las Cajas Terminales se deben colocar en el poste del lado del parlamento (banqueta).

Para la ubicación e instalación de los cierres de empalme y puntos de dispersión (Terminales Ópticas), se deben referir a los documentos Técnicos Normativos:

- Boletín técnico: instalación de Cierre para Fibra óptica FOSC 450 BS, (B/03/045).
- Boletín técnico: instalación de Cierre para Fibra óptica FOSC 350 BS, (B/03/047).
- Boletín técnico: de instalación de Terminal óptica GIKO ONU IP65 para proyectos de Fibra óptica a la Casa (FTTH), (B/03/046).
- Boletín técnico: de instalación de Terminal óptica TIKO OFDC-ISROD para proyectos de Fibra óptica a la Casa (FTTH), (B/03/048).

2.2.8 Tipos de Empalme

Debido a que una bobina de cable de fibra óptica no llega a superar los 2Km de longitud, mientras que la distancia entre dos repetidoras o centrales puede ser de 30 o 40 Km, deben realizarse empalmes entre los tramos, y entre cada final y los conectores.

a) Empalme mecánico

En este empalme se alinean físicamente las dos fibras por medio de elementos mecánicos sin fundir la fibra y posteriormente se protege con una caja hermética.

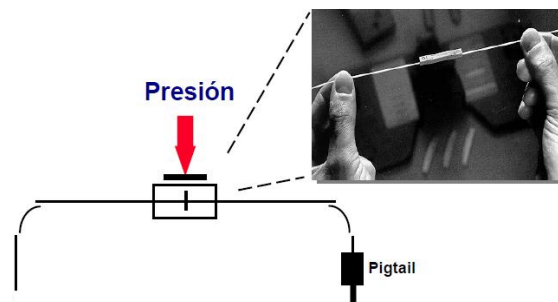


Figura 2.24. Tipo de empalme mecánico.

b) Empalme por fusión

Se realiza al fundir ambas fibras mediante un arco eléctrico en una empalmadora de fusión.

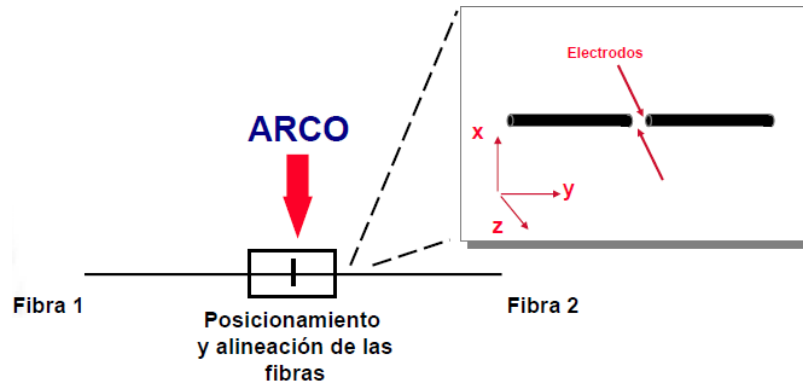


Figura 2.25. Tipo de empalme por fusión.

c) Proceso de empalme

- Preparación, pelado y limpieza de los cables de F.O.
- Fijación y guiado de los cables en la caja de empalmes y repartidores,
- cocas y reserva de fibra para posteriores mantenimientos
- Inserción del termorretráctil
- Pelado de la fibra (protección primaria)
- Limpieza de la fibra desnuda
- Corte de la fibra
- Fusión
- Calentar el termorretráctil
- Cerrado de cajas y repartidores

d) Proceso de fusión

- Inserción de las F.O.
- Alineamiento de las fibras XYZ
- Separación de las fibras GAP
- Limpieza por fusión
- Fusión
- Estimación de pérdidas

2.2.9 Tipos de Caja Terminal Óptica

Es uno de los elementos que conforman la Red de Fibra a la Casa que está diseñada para colocarse en Poste, en fachada o azotea. La Terminal es el punto de conexión de los cordones de acometida que se llevan hasta los clientes

a) La Terminal Óptica GIKO

La terminal óptica GIKO IP65 preconectorizada con divisor óptico de 1:8 (Splitters), esta Terminal no es hermética, por lo cual, *no puede colocarse en pozos*.

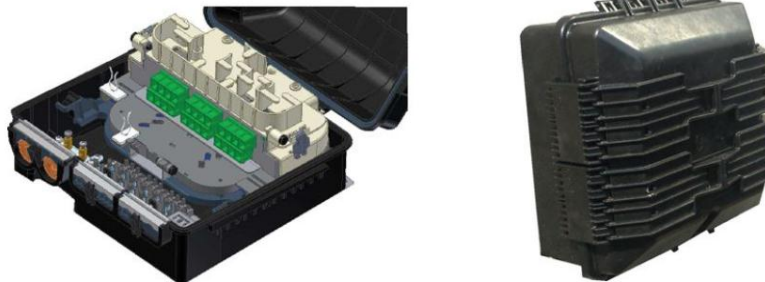


Figura. 2.26. Terminal GIKO ONU IP65.

La Terminal se puede utilizar como Terminal de 8 puertos equipada con 1 divisor óptico (Splitters), o bien, como Terminal de 16 puertos equipada con dos divisores ópticos (2 Splitters).

Las principales características de la Terminal son:

- La terminal cuenta con un sistema organizador de Fibra Óptica que asegura el radio de curvatura para las fibras de alimentación (Fibras de Red Secundaria) y para los cordones de acometida.
- La bandeja de empalme permite la inclusión de hasta 2 divisores ópticos y sus empalmes.
- Dispone de dos puertos para la conexión de cables de Red Secundaria con un diámetro de hasta 23 mm.
- Dispone de 3 puertos para las salidas de los cordones de acometida. Estos cables se acoplan mediante grommets (sellos de plástico).
- También dispone de un espacio de almacenaje de tubos holgados en paso.
- Dispone de un sistema de 4 cierres laterales que no requieren del uso de herramientas especiales para abrir o cerrar la caja.

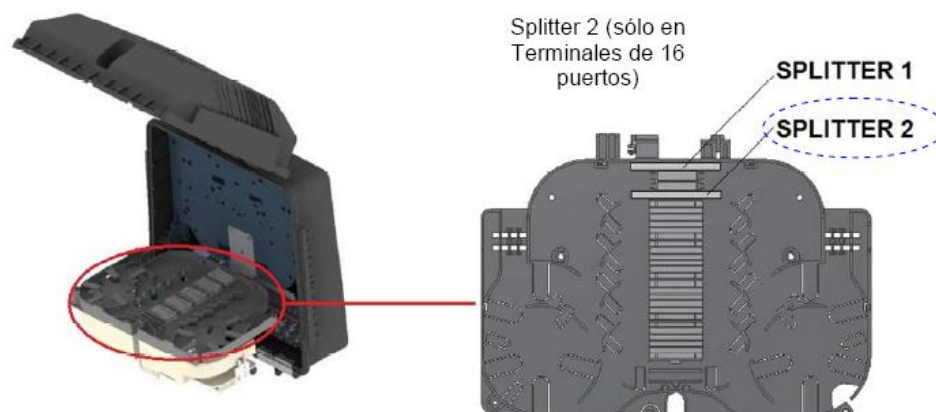


Figura 2.27. Ubicación de Divisores Ópticos en Terminal GIKO.

b) La Terminal Óptica OFDC Tyco

La Terminal óptica forma parte de la red de acceso de fibra óptica a la casa, es el último elemento de distribución de la Red de Telecomunicaciones al cliente y forma parte del segmento de Red Secundaria.

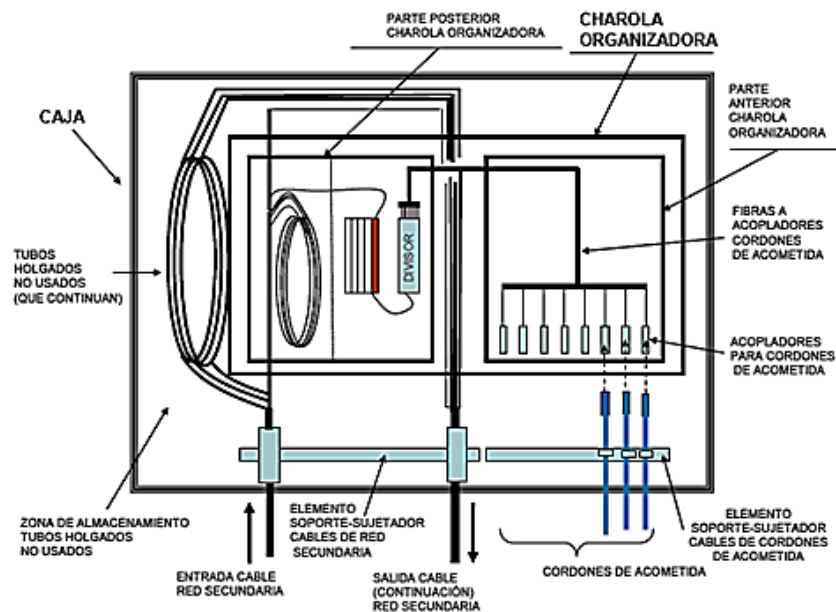


Figura 2.28. Diagrama esquemático, en el que se muestran las partes principales de la Terminal óptica.

La Terminal óptica preconectorizada es una caja hecha de material termoplástico duro (163 x 326 x 102 mm), que puede ser instalada en poste, fachada, azotea o en pozo, es hermética a prueba de intemperie, para la distribución de la red secundaria de fibra óptica pasiva.

Los sellos para las cerraduras longitudinales y los orificios por lo que entran y salen los cables a la Terminal, están garantizados por bloques de gel, los cuales al cerrar la caja se comprimen contra las paredes que los contienen, asegurando así la hermeticidad.

Cuenta también con un sistema liberador de esfuerzos para el bajante. La conexión de los cables de los cordones de acometida es del tipo preconectorizada, acepta diámetros de los cables de cordón de acometida de entre 4 a 6 mm.

Se ponen adicionales cordones de acometida (hasta 8), sin afectar ni interrumpir el servicio a los clientes ya conectados

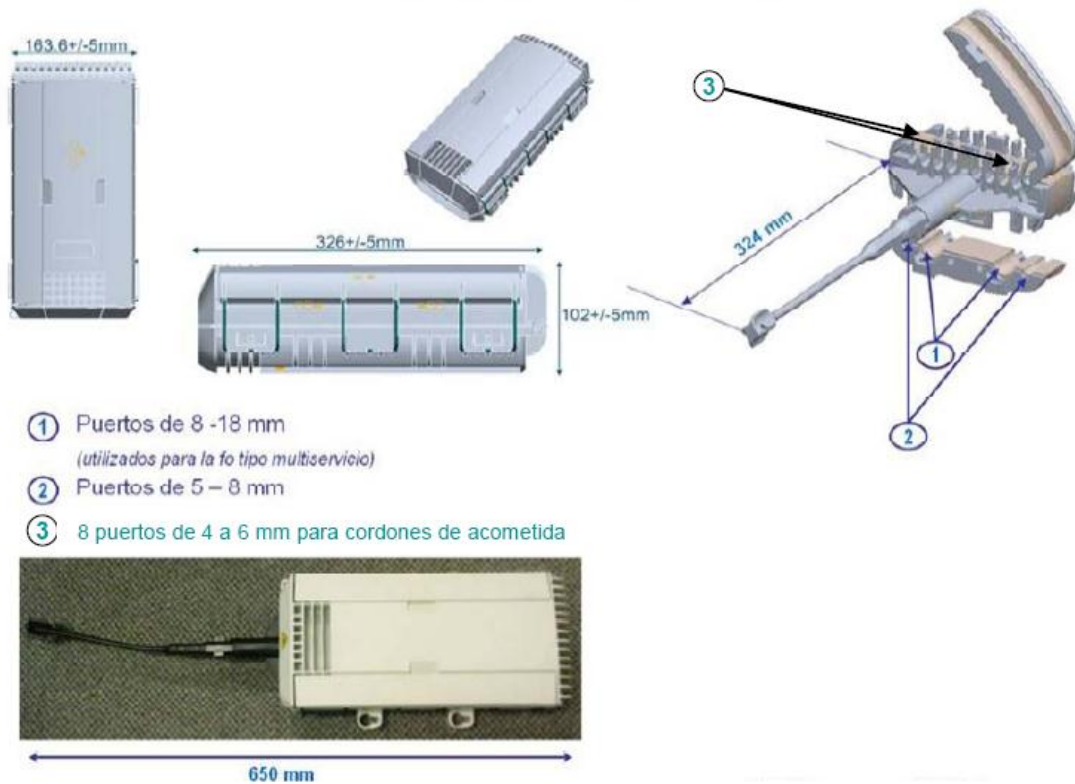


Figura 2.29. Dimensiones de Terminal óptica OFDC TYCO.

2.2.10 Tipos de cierres para Fibra Óptica Pasiva con divisores

a) Cierre para Fibra Óptica 350 C con divisores

Los Cierres FOSC 350 C, se pueden instalar para cumplir dos aplicaciones diferentes:

- Como punto de conexión (empalmes y derivaciones de cables).
- Como punto de división (para alojar divisores de FTTH).

El cierre de empalme para Fibra Óptica FOSC 350 C tiene:

- Capacidad máxima de 96 empalmes.
- Es sellado, lo que se consigue a través de un gel especial.
- se puede reintervenir.
- Puede alojar hasta 4 charolas, cada una con 24 empalmes de fusión; por lo tanto, la capacidad máxima es 96 empalmes.
- Puede ser colocado en poste o en pozo.
- Puede alojar hasta 4 divisores ópticos de 1:8, uno por charola y hasta 36 empalmes por fusión

La siguiente *figura 2.29.*, muestra un Cierre FOSC 350 C.



Figura 2.30. Cierre FOSC 350 C con divisores.

b) Cierre para Fibra Óptica 450 BSC con divisores

Los Cierres FOSC 450 BS se pueden instalar para cumplir dos aplicaciones diferentes:

- Como punto de conexión (empalmes y derivaciones de cables)
- Como punto de división (para alojar divisores de FTTH).

El Cierre de empalme para Fibra Óptica FOSC 450 BS emplea en su base un bloque de gel con tornillo compresor central que sella ambientalmente los puertos de entrada del cierre. Este cierre puede alojar hasta 6 charolas, cada una con 24 empalmes de fusión; por lo tanto, la capacidad máxima del cierre es 144 empalmes.

Cuando se colocan divisores ópticos en el cierre, éste puede alojar hasta 12 divisores ópticos de 1:8: dos por charola y hasta 108 empalmes por fusión. En la siguiente *figura 2.30.*, se muestra un cierre FOSC 450 BS con dos de sus principales componentes:



Figura 2.31. Cierre FOSC 450 BS con divisores.

2.3 Mediciones Ópticas

En la construcción, operación y mantenimiento de enlaces de fibra óptica se requieren de mediciones técnicas para verificar las características de los mismos, desde cada uno de sus componentes, hasta la transmisión de la información a través del cable de fibra óptica.

2.3.1 Equipos OTDR en Redes Ópticas Pasivas

Los sistemas de fibra óptica son analizados y probados para optimizar los márgenes de pérdida y verificar el estado físico de los mismos; para mantenerlos con un buen funcionamiento. Para dicho propósito se utiliza el **Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)** el cual mide distancias y eventos en las fibras ópticas desde uno de sus extremos.

El funcionamiento del **OTDR** consiste básicamente, en inyectar un pulso de luz láser a una fibra bajo prueba, el cual pasa previamente por un divisor de rayos que evita que dicho pulso interfiera al fotoreceptor. Una vez dentro del núcleo de la fibra, el rayo de luz viajará a lo largo de la fibra, sufriendo Reflexiones de Fresnel provocadas por cambios abruptos del índice de refracción, empalmes, fisuras, cortes, dobleces, inicio o final de la fibra (llamados eventos) y Reflexiones de Rayleigh (las cuales se producen a lo largo de la fibra, proporcionales al ancho de pulso y de acuerdo a la longitud de onda del láser).

Al llegar el rayo al final de la fibra o al punto donde se encuentre un corte éste regresará (retrodispersión) al OTDR, incidiendo sobre el divisor de rayo, que lo encamina hacia el foto receptor (evitando interfiera con el emisor láser), donde se convertirá en una señal eléctrica, para ser amplificada y procesada por un microprocesador, el cual muestra en una pantalla los eventos de la fibra, mediante una representación visual (gráfica de una pendiente).



Figura 2.32. Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR).

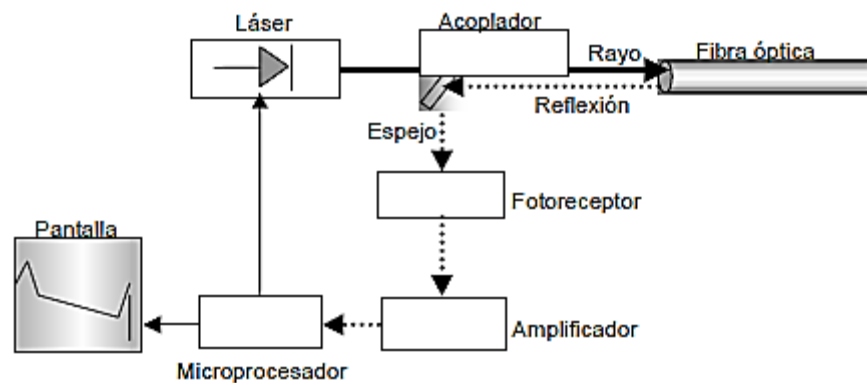


Figura 2.33. Diagrama básico del funcionamiento OTDR.

Existen diferentes marcas de OTDR homologadas como lo son Tektronix, Exfo y Anritzu, lo cuales son muy similares en su características y forma de operación.

Los modelos más usados son:

- OTDR EXFO FTB 300
- OTDR TFP2 TEKTRONIX
- OTDR HP 8146A
- OTDR EXFO FTB 150



Figura 2.34. Tipos de OTDR.

2.3.1 Fuente Luz y Medidor de Potencia

Para la realización de la medición de atenuación por el método de inserción se utilizan una fuente estabilizada de luz, un medidor de potencia óptica (power meter) y para cuando se reciben los terminales ópticos el atenuador óptico.

a) Fuente de luz estabilizada

La fuente estabilizada de luz está constituida por emisores láser con las longitudes de onda de trabajo de los sistemas de comunicación por fibra óptica (1300 y 1550 nm). Existen diferentes marcas homologadas (Siemens, Exfo, Wandel & Goltermann, JDSU). Teniendo los equipos características y formas de operación muy similares.

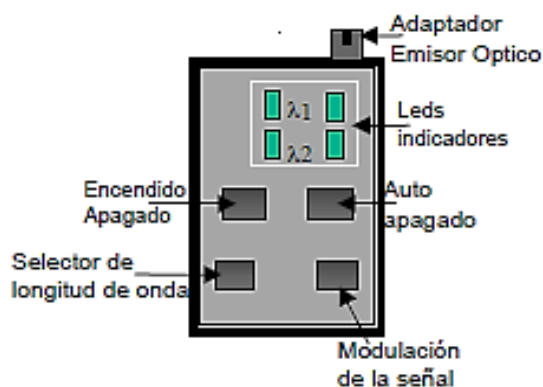


Figura 2.35. Elementos que conforman una Fuente Estabilizada.

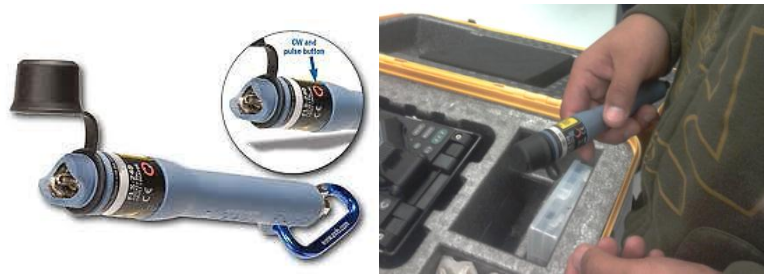


Figura 2.36. Fuente de Luz visible.

b) Medidor de potencia óptica

El Medidor de Potencia está constituido por fotoreceptores con las longitudes de onda de trabajo de los equipos utilizados en los sistemas de transmisión por fibra óptica (850, 1310, 1550 y 1625 nm).

Los fotoreceptores (fotodiodos) pueden ser del tipo de Germanio o de Arseniuro de Galio e Indio. A continuación se ilustra un medidor de potencia en forma genérica, donde se muestran los componentes básicos con que cuentan estos aparatos:



Figura 2.37. Medidor de Potencia tipo EXFO.

En términos generales, la potencia óptica y el alcance de los enlaces de fibra óptica pasiva estarán determinados por la atenuación máxima que es capaz de soportar, sin perder el servicio. ***En nuestra red óptica pasiva la atenuación máxima permitida es de 28 dB.***

Existen en el mercado muchos proveedores y modelos de medidores de potencia óptica y en general todos funcionan adecuadamente si cumplen con algunas características básicas como son:

- Rango de medición de +5 a -50 dBm.
- 3 longitudes de onda calibradas (1310, 1490 y 1625 nm).
- Adaptadores ópticos SC y LC.

2.3.2 Bobina de prueba o de lanzamiento

Para efectuar las pruebas por el método de retrodispersión se tiene que utilizar una bobina de prueba o de lanzamiento, la cual sirve para disminuir la potencia reflejada, ejercida por la fibra bajo prueba, y por lo tanto, se disminuye la longitud de la zona muerta en el OTDR. Además la reflexión que se causa en el empalme es la referencia del punto inicial para medir la longitud de la fibra óptica.

La bobina de prueba deberá ser de una longitud > 2000 m del mismo tipo de la fibra a probar. Si se va a utilizar para mediciones en el origen o destino (O-D) en un enlace, deberá contar en ambos extremos con conectores ópticos compatibles con el equipo de medición y el utilizado en el enlace.

Si se va a utilizar para mediciones de cable en carrete o de tramos de cable, deberá contar en un extremo con un conector óptico compatible con el equipo de medición y en el otro extremo deberá estar la fibra desnuda (para empalmarla a la fibra óptica a medir).

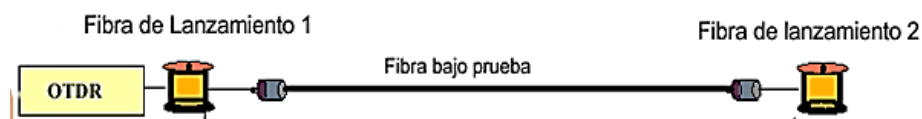


Figura 2.38. Diagrama básico del funcionamiento de la bobina de lanzamiento.

La función de la bobina de lanzamiento GPON es dar longitud al enlace para, después de la zona muerta, por ver la totalidad de los elementos de la red (conectores ópticos en puertos de conexión y cable óptico (jumper)). La primera figura muestra el enlace sin las bobinas de lanzamiento, en donde no se puede ver la pérdida de los puertos de conexión en los extremos. En la segunda figura se pueden ver las pérdidas de los puertos de conexión de todo el enlace.

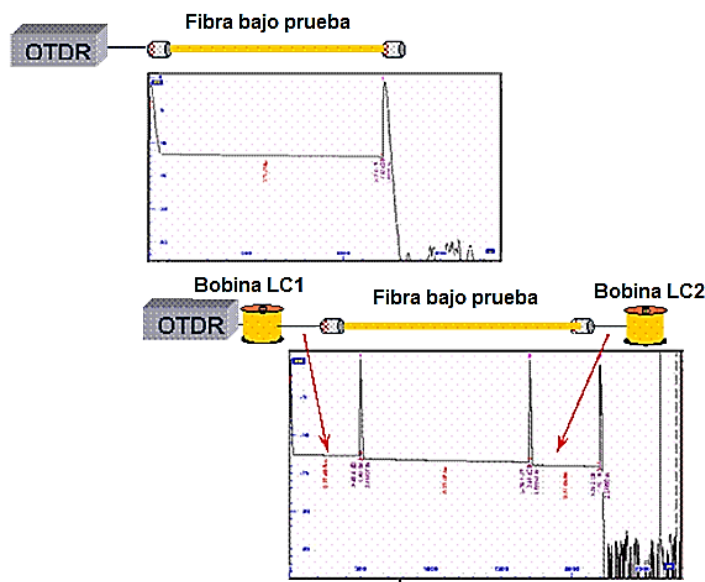


Figura 2.39. Graficas de la Bobina de lanzamiento.

2.3.3 Eventos de la red óptica pasiva en el OTDR

Los eventos que se visualizaran en una red óptica pasiva son los siguientes:



Figura 2.40. Graficas de eventos en el OTDR.

c) Rango dinámico

El rango dinámico determina que tan lejos y que tan preciso puede “ver” un OTDR un cable de fibra en un periodo de muestreo y con un ancho de pulso dado.

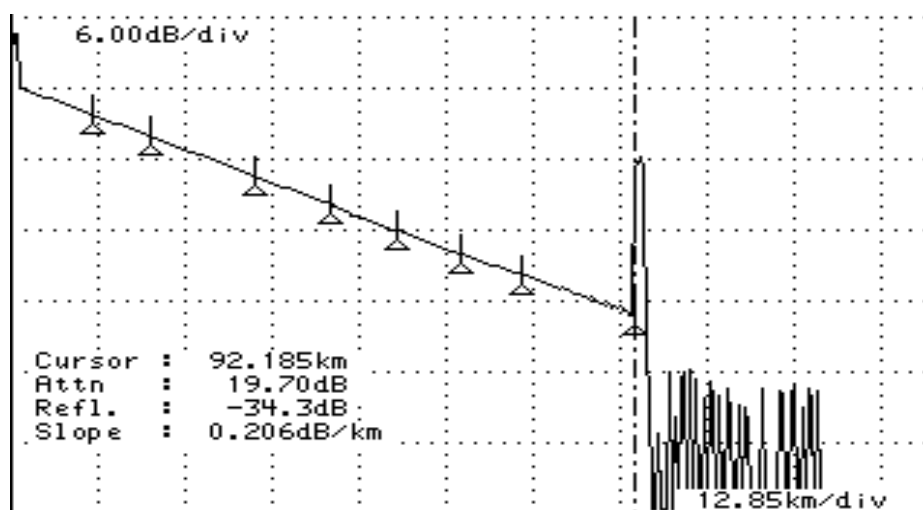


Figura 2.41. Rango Dinámico.

d) Ancho de pulso & Rango dinámico

La selección del ancho de pulso en el OTDR genera lo siguiente:

Pulso largo:

- Menos resolución
- Zonas muertas mayores
- Más rango dinámico
- Menos ruido

Pulsos cortos:

- Más resolución
- Zonas muertas más cortas
- Rango dinámico menor
- Más ruido

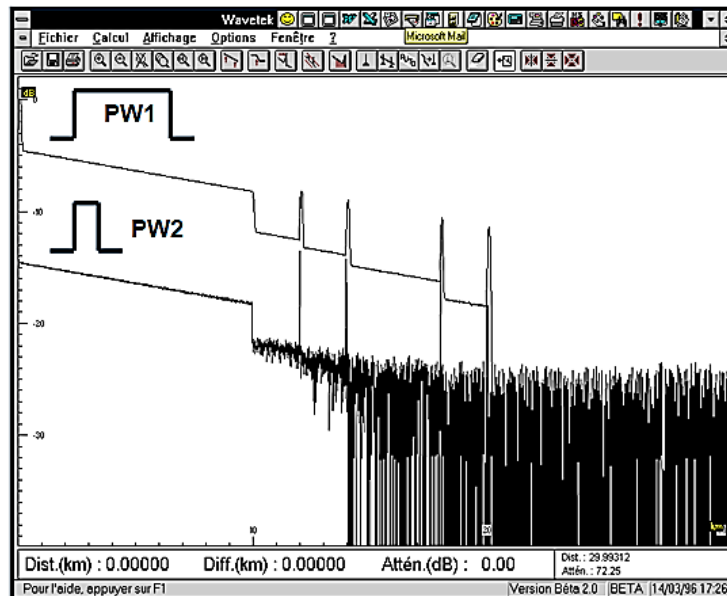


Figura 2.42. Ancho de pulso.

2.3.4 Zona muerta

El fotodiodo al recibir un pulso requiere un tiempo para recuperarse de la saturación. El largo de la fibra que no es completamente caracterizado durante el tiempo de recuperación es conocido como zona muerta. La zona muerta se puede presentar por evento o por atenuación como se muestra en las siguientes figuras:

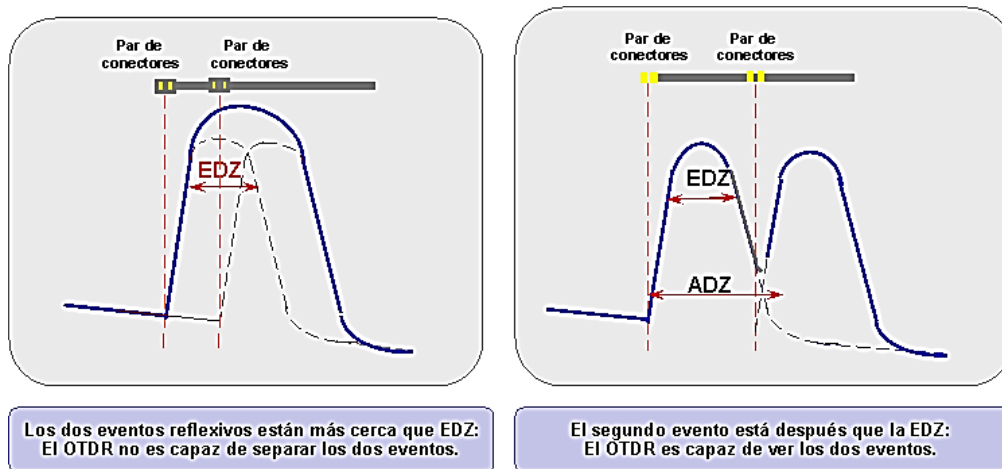


Figura 2.43. Zona muerta de evento.

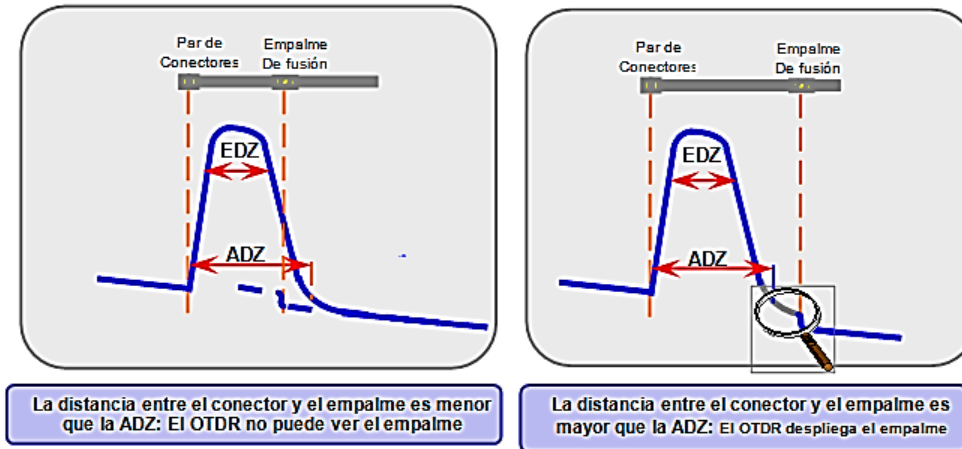


Figura 2.44. Zona muerta por atenuación.

2.4 Método de Inserción y Retrodispersión

2.4.1 Medición de atenuación por el método de inserción

La medición de atenuación por el método de inserción se realiza colocando una fuente de luz estabilizada en uno de los extremos del enlace, con la cual se enviará una señal de luz a una determinada potencia (normalmente 1 mW) a través de la fibra óptica a medir, en el otro extremo del enlace se coloca un medidor de potencia en la misma fibra, el cual medirá la pérdida de potencia (en dBm) de la señal enviada.

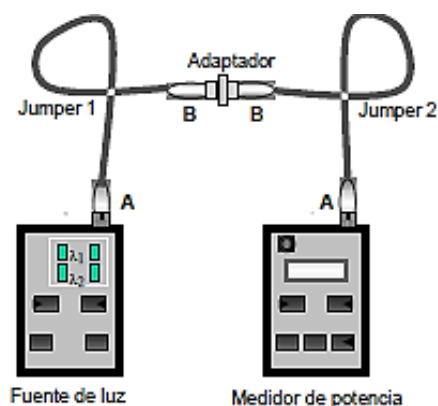


Figura 2.45. Conexión básica del medidor de potencia y fuente de luz.

Para realizar la prueba se hace necesario mantener comunicación entre ambos extremos denominados origen-destino (O-D), el método de prueba por inserción solo nos permite hacer mediciones punto a punto, en donde se evalúa la atenuación total, sin que se puedan evaluar parcialmente los eventos que se presentan. Así mismo nos permite probar la correspondencia entre fibras en los extremos de un enlace.

Esta prueba permite medir la Atenuación Total del Enlace o la Sección de acuerdo al presupuesto de pérdida.

Se realiza con la(s) Longitud(es) de Onda de Operación del Enlace, sobre cada una de las fibras y en ambas direcciones.

El equipo requerido es:

- Fuente de luz de la misma longitud de onda que el enlace utilizará.
- Medidor de potencia óptica.

El principio de esta prueba consiste en medir la Potencia Óptica inyectada al principio del enlace (P0) y la Potencia de Salida (P1). La atenuación del enlace es el valor siguiente:

$$(\text{dB}) = 10 \times \text{Log} (P0/P1) \text{ (con } P0 \text{ y } P1 \text{ en mW).}$$

$$(\text{dB}) = P0 - P1 \text{ (con } P0 \text{ y } P1 \text{ en dB).}$$

El promedio de valores en ambos sentidos, debe cumplir la siguiente condición:

$$\alpha_{ti} < \alpha_c$$

Donde:

α_{ti} =Promedio de los valores de pérdida por inserción.

α_c =Presupuesto de atenuación.

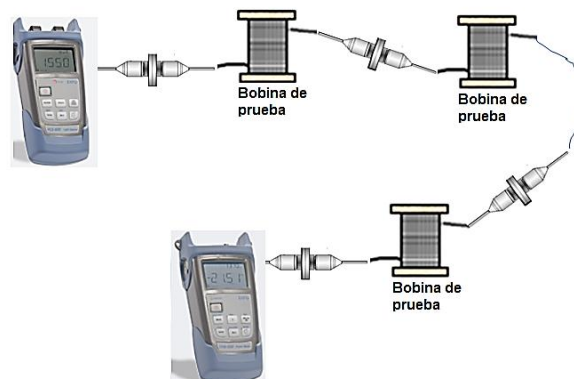


Figura 2.46. Conexión del medidor de potencia y fuente de luz con bobina de lanzamiento.

2.4.2 Medición de atenuación por el método de Retrodispersión

Las pruebas de Retrodifusión permiten evaluar la Continuidad Óptica, la Atenuación Total Destino – Origen, la Atenuación de cada elemento (conectores y empalmes), y la Pérdida por Retorno Óptico (P.R.O.). Este método de prueba se realiza conectando un medidor OTDR (en la fibra o fibras a probar) en cualquiera de los extremos del enlace.

El método de retrodispersión nos permite efectuar las siguientes mediciones:

- Atenuación en empalmes
- Atenuación en conectores
- Atenuación lineal
- Atenuación total
- Pérdida de retorno.
- Uniformidad y continuidad de la fibra
- Distancia de la fibra en prueba, del punto de inicio al punto final o al punto de corte y de los diferentes eventos de ésta.

Las mediciones deben ser realizadas a cada una de las fibras del cable, en las longitudes de onda de 1310 (para ONT) y 1550 nm para (OLT). Primero se realizan las pruebas en la Ventana de 1310 nm y posteriormente en la ventana de 1550 nm.

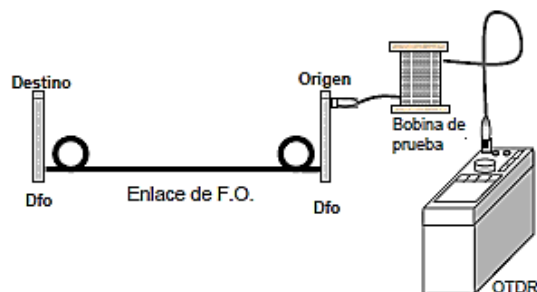


Figura 2.47. Conexión básica del método de Retrodispersión.

El valor del promedio de un empalme y/o conector, medido a 1550 nm, no debe ser superior al valor promedio medido a 1310 nm.

Para los conectores cuya fibra esté empalmada con la fibra del cable, el valor de la pérdida, es la suma de la pérdida del conector y del empalme. En este caso el valor máximo de atenuación debe considerar la pérdida en los dos divisores y los conectores como se indica en el presupuesto de pérdida.

Las mediciones tienen que ser realizadas con un Reflectómetro óptico (OTDR), homologado para operar en las ventanas indicadas, utilizando el índice de refracción especificado para cada tipo de fibra.

De acuerdo a las especificaciones del equipo, puede ser necesario el utilizar bobinas de lanzamiento GPON debido a la cercanía de los eventos, de otra forma sería suficiente con la longitud del bajante (sin utilizar bobina de lanzamiento GPON), en este caso se deben utilizar 2 bobinas del mismo tipo de la Fibra bajo prueba, (una al origen "O" y la otra al destino "D") para la medición de los conectores terminales. La longitud de las bobinas dependerá de las características del equipo y deben contar con conectores en ambos extremos compatibles con el equipo de medición y el utilizado en el enlace.

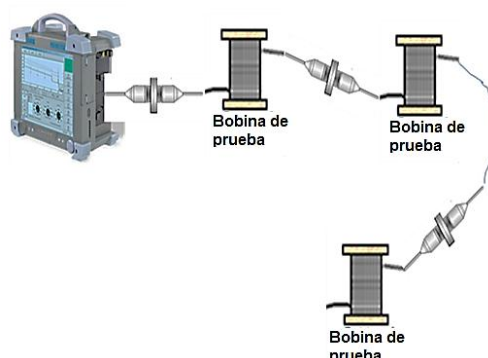


Figura 2.48. Conexión del OTDR con bobina de lanzamiento.

2.5 Protocolo # 9 para enlaces de Fibra Óptica

El protocolo #9 para enlaces de F.O. son los parámetros de entrega de la construcción de enlaces de cables de Fibra Óptica de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en los Anexos:

- Anexo 1. Formatos para el registro de resultados de las pruebas al enlace de F.O.
- Anexo 2. Formatos para la comprobación de trabajos para recepción.
- Anexo 3. Acta de recepción.
- Anexo 4. Configuración y pruebas para la red de fibra óptica a la casa.

Para la recepción de obras con cables de F.O. se debe verificar la calidad de la construcción y de la transmisión en el enlace, lo cual se realiza a través de un recorrido físico y la aplicación de las pruebas y mediciones establecidas en el Protocolo # 9, Anexo 4. Configuración y pruebas para la red de fibra óptica a la casa.

Antes de iniciar con los procedimientos y consideraciones, es indispensable conocer las características de los elementos a recibir.

- Los cables se proveen en carretes cerrados para evitar el maltrato de los cables durante sus traslados.
- Los cables se proveen con capuchones termo contráctiles o en su lugar con los correspondientes dispositivos de tracción.
- Todos los cables cuentan con el marcaje en metros sobre el forro del cable metro a metro.
- Cada carrete cuenta con un reporte de las pruebas ópticas realizadas en fábrica que se identifica con un código en una tarjeta de identificación adherida a la cara del carrete.

Cliente	Peso neto del cable (en kg)
Bodega de arribo	Longitud (en m)
Norma de referencia	P. Int. (marcaje sobre forro inicia en 0)
Reporte (forma de identificación del reporte)	P. Ext. (marcado final de cable)
Identificación del cable óptico	Lote
No. de catalogo (SIATEL)	Orden de fabricación y fecha
Código	Pedido
Peso bruto (en kg)	No. de serie

Tabla 2.12. Contenido de datos en a identificación adherible a la cara del carrete.

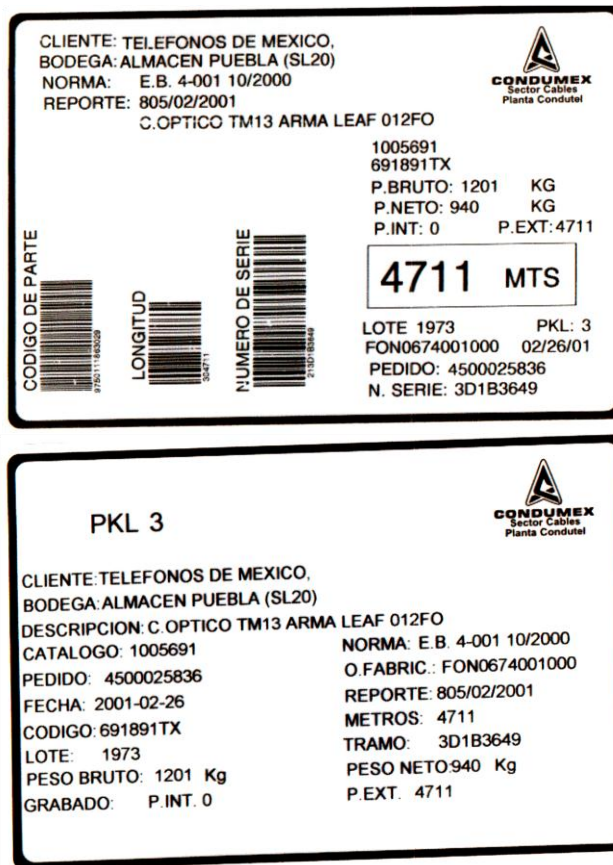


Figura 2.49. Identificación adherida a la cara del carrete.

2.5.1 Principales características ópticas de los cables utilizados

Las características principales se muestran en las siguientes tablas.

Tipo de Cable			Tipo de Fibra	Índice de refracción de grupo efectivo		Atenuación (lineal promedio) dB/Km		
Subterráneo	Aéreo	Interior		1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1625 nm
TM-1	TM-6	TM-3	Dispersión normal (Nexcore)	1.4670	1.4677	≤ 0.35	≤ 0.25	≤ 0.24
SFDTP-1 (Dieléctrico)	AFDTP-1 (Dieléctrico)							
TM-13	TM-15	TM-14	Dispersión corrida no cero con mayor área efectiva (NZDS-LEAF)	1.4693	1.469	≤ 0.34	≤ 0.25	≤ 0.24

Tabla 2.13. Características principales de los cables utilizados.

Tipo de Cable	Dispersión Cromática (CD)	Coefficiente de Dispersión por Modo de Polarización (PMD)
TM-1, TM-6, TM-3	≤18 ps / (nm x Km) a 1550 nm ≤23 ps / (nm x Km) a 1625 nm	$\leq \frac{0.2 \text{ ps}}{\sqrt{\text{Km}}}$
AFDTP-1, SFDTP-1	≤23 ps / (nm x Km) a 1625 nm	
TM-13, TM-14, TM-15	-17.4 ps / (nm x Km) a 1310 nm 2 a 6 ps / (nm x Km) (rango de 1530 a 1565 nm) 4.5 a 11.2 ps / (nm x Km) (rango de 1565 a 1625 nm)	

Tabla 2.14. Características de Dispersión Cromática y Dispersión por Modo de Polarización de los cables.

2.5.2 Recepción del Enlace

Consiste en realizar, las pruebas ópticas indicadas, y un recorrido físico de la ruta que siguen los elementos instalados en el enlace, desde el Origen hasta el Destino, después de haber concluido la construcción de todo el enlace o proyecto de red.

La recepción del enlace contempla los siguientes rubros:

a) Pruebas Ópticas

Durante la ejecución de las pruebas, se verifica que las mediciones cumplan los parámetros establecidos y se identifican aquellos puntos que no cumplen con las especificaciones para que sean corregidos.

Durante la ejecución de las pruebas, deben ser llenados los formatos establecidos para ello (Anexo III). Durante la realización de estas pruebas se deben de seguir los procedimientos de limpieza.

b) Recorrido físico

El recorrido físico se realiza observando todos y cada uno de los componentes del enlace, tales como distribuidores ópticos, postes, cajas de empalme, cajas terminales ópticas, cables, canaletas, etc.

Detectando visualmente aquellos puntos en los que los elementos instalados están fuera de especificaciones o norma y que ésta situación derivaría en fallas, con la consecuente alteración a la continuidad y/o calidad del servicio.

Durante el recorrido debe ser llenado el formato “Hoja de comprobación de trabajos para recepción” (Anexo IV), según el tipo de enlace: Larga Distancia y Zonales (F-007), o Locales (F-008).

c) Acta de recepción

Una vez concluidas, satisfactoriamente, las pruebas ópticas, actividades de comprobación (recorrido físico) y entrega de documentos y como última actividad, se debe llenar el Acta de Recepción.

d) Pruebas Punto a Punto

Las mediciones Punto a Punto son pruebas Ópticas que deben realizarse después de haber instalado y empalmado el cable en todo el trayecto, sobre todas las fibras del cable. Antes de efectuar las pruebas, se establecen puntos de identificación Origen y Destino, así como el número de cables y número de fibras.

Los puntos de identificación (Origen – Destino), nos darán las Secciones a las que se aplicarán las mediciones y corresponden a:

Para enlaces de Larga Distancia, Zonales y Troncales:

- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Distribuidor de Fibras Ópticas en Central.
- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Distribuidor de Fibras Ópticas en Regenerador o Amplificador.
- De Distribuidor de Fibras Ópticas en Regenerador o Amplificador a Distribuidor de Fibras Ópticas en Regenerador o Amplificador.

Para enlaces Urbanos:

- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Fibras Ópticas del cable en puntas.
- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Distribuidor de Fibras Ópticas en Sitio del Cliente.
- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Conector del arnés en Gabinete IPDSLAM o TBA.
- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Distribuidor de Fibras Ópticas en Caja de Distribución Óptica.
- Distribuidor de Fibras Ópticas en Central a Punto de Dispersión Óptico (Terminal Óptica).
- Distribuidor de Fibras Ópticas en Caja de Distribución Óptica a Punto de Dispersión Óptico (Terminal Óptica).

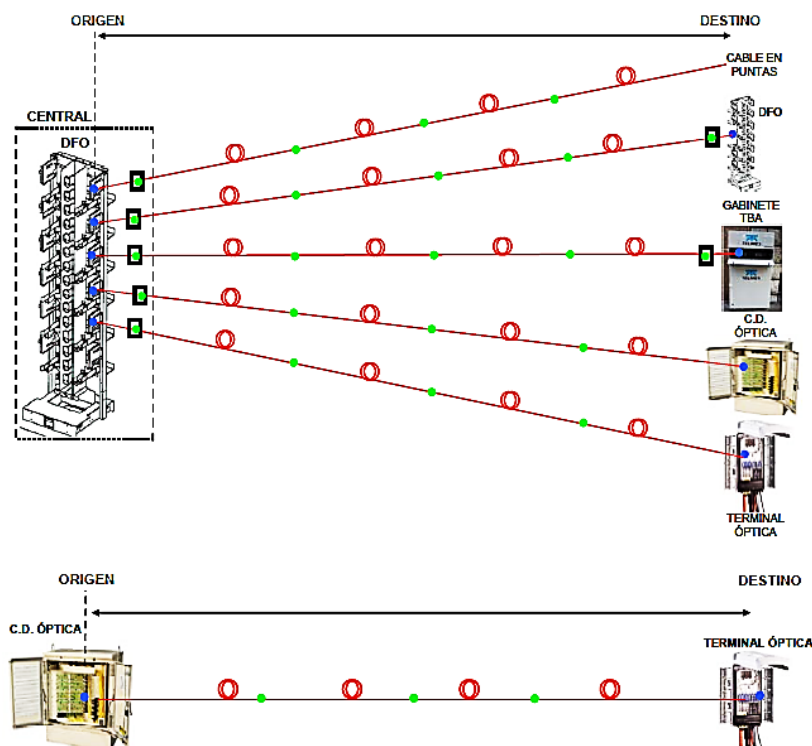


Figura 2.50. Secciones a las que se aplican las pruebas.

El uso de las bobinas de lanzamiento se condiciona al equipo que se esté utilizando.

- En algunos equipos se deben utilizar 2 bobinas de lanzamiento con longitud > 2000 m del mismo tipo de la Fibra bajo prueba, (una al origen “O” y la otra al destino “D”) para la medición de los conectores terminales.
- En los equipos cuya zona muerta es muy corta, se puede prescindir de la bobina de lanzamiento y realizar los ajustes necesarios en el equipo.

1. Ejecución de las pruebas

A continuación se presentan las configuraciones y pruebas para los enlaces de Fibra a la Casa, tanto para la Red Principal como para la Red Secundaria. Las pruebas se deben realizar en la ventana de 1310 nm.

El equipo requerido es:

- Reflectómetro Óptico (OTDR) que opere en la longitud de onda de 1310 nm.
- Bobina de lanzamiento GPON de 100 mts de longitud, con conector SC/UPC.
- **Evento Agrupado Terminal** incluye: El Conector de la Bobina de Lanzamiento, el Conector en la Terminal, el Divisor Óptico y, el Empalme entre la Fibra del Divisor Óptico y la Fibra Secundaria.
- **Evento Agrupado CEDO / CDO** incluye: El Empalme entre la Fibra Saliente del Divisor y la Fibra Secundaria, el Divisor Óptico y el Empalme entre la Fibra del Divisor y la Fibra Principal.

2. Parámetros a cumplir

Parámetros a medir	Unidad	Valor
Pérdida en Empalme por Fusión	dB	< 0.08
Pérdida en Conectores FC/LC/SC (APC, UPC) por conector.	dB	< 0.25
Pérdida en Evento Agrupado Terminal	dB	< 11.08
Pérdida en Evento Agrupado CEDO /CDO con empalme a Red Principal	dB	< 10.66
Pérdida Evento Agrupado CEDO /CDO sin empalme a Red Principal	dB	< 10.58

Tabla 2.15. Parámetros de pérdidas.

3. Configuración y Prueba a las Fibras del Cable Principal

Cuando no existe aún Red Secundaria en el Distrito, se realiza la Prueba por Reflexión de cada una de las fibras del Cable Principal a utilizar, desde el Conector Óptico en el DFO, en el NCO o Central, hasta la punta del cable en el Distrito. La medición debe ser muy cercana al presupuesto óptico calculado para el enlace.

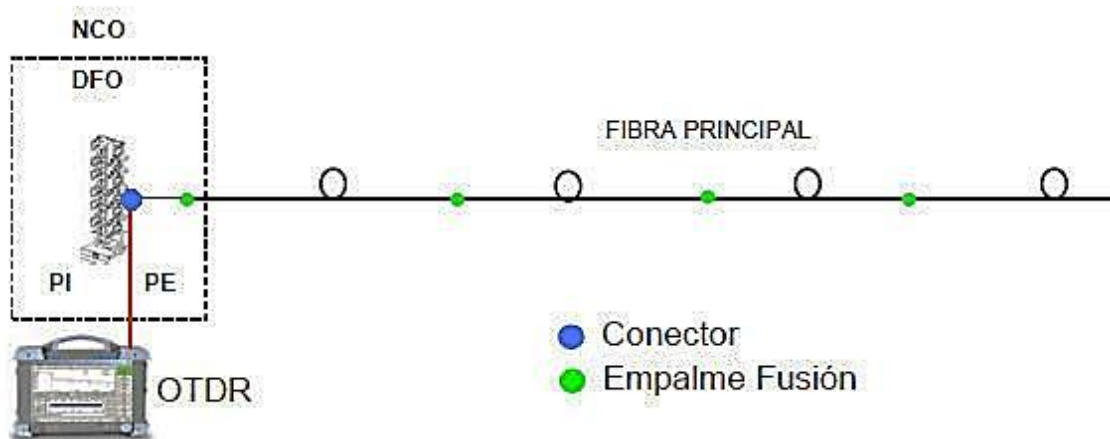


Figura 2.51. Medición del OTDR desde Red Principal.

Cuando ya existe Red Secundaria en el Distrito, y después de hacer el empalme de las fibras principales a los Divisores correspondientes, se realiza la Prueba por Reflexión de cada una de las fibras del Cable Principal utilizadas, desde el Conector Óptico en el DFO, en el NCO o Central, hasta el Divisor Óptico correspondiente en el Distrito. La medición debe ser muy cercana al presupuesto óptico calculado para el enlace.

En ambos casos, la prueba se debe realizar con un ancho de pulso de 5 ns.

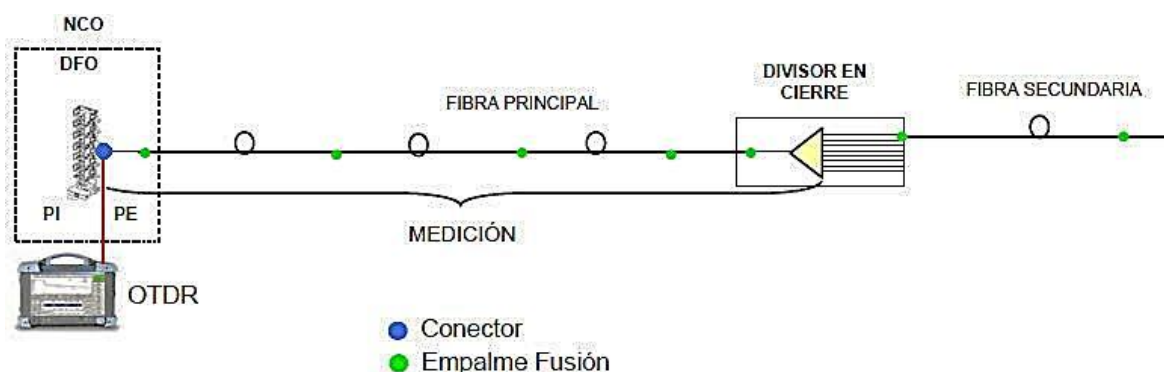


Figura 2.52. Medición del OTDR desde Red Secundaria.

4. Configuración y Prueba a las Fibras del Cable Secundario

Cuando no existe aún Red Principal en el Distrito, se efectúa la Prueba por Reflexión desde el Puerto Uno de cada una de las Terminales, hasta el Divisor Óptico en el Distrito.

La medición debe ser muy cercana al presupuesto óptico calculado para el enlace.

La prueba se debe realizar con un ancho de pulso de 275 ns

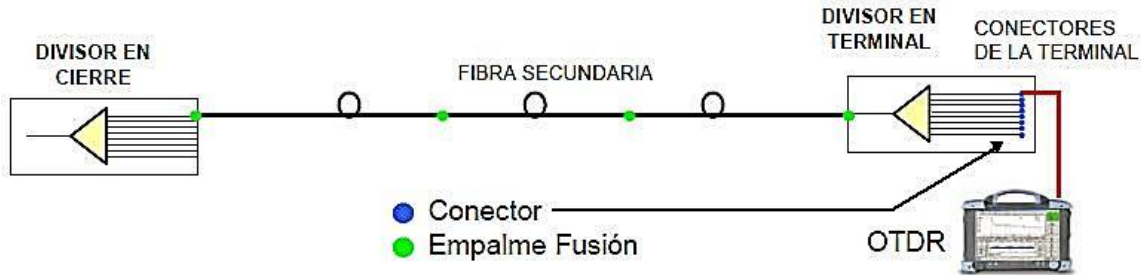


Figura 2.53. Medición del OTDR cuando no hay Red principal.

Cuando ya existe Red Principal en el Distrito, y después de hacer el empalme de las fibras principales a los Divisores correspondiente se efectúa la Prueba por Reflexión desde el Puerto Uno de cada una de las Terminales, hasta el Conector Óptico en el DFO, en el NCO o Central. La medición debe ser muy cercana al presupuesto óptico calculado para el enlace.

La prueba se debe realizar con un ancho de pulso de 275 ns.

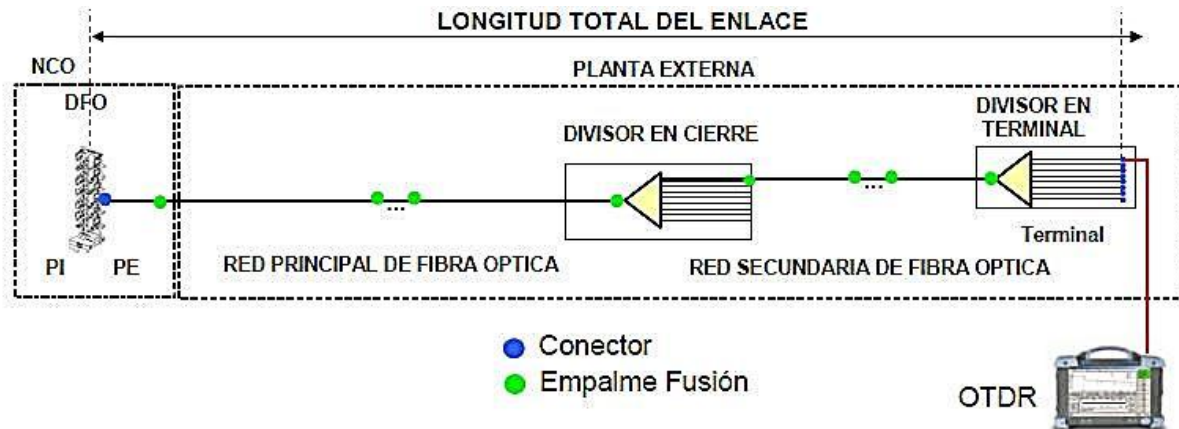


Figura 2.54. Medición del OTDR cuando hay Red Principal y divisor en cierre.

2.6 Presupuesto de Pérdida

Con el fin de establecer un parámetro de referencia, que nos permita determinar si el enlace o sección del enlace cumple las condiciones necesarias para su funcionamiento, es necesario calcular la pérdida máxima aceptada, considerando las especificaciones de los equipos Transmisores / Receptores.

El Presupuesto de Pérdida (valor calculado de atenuación), es la suma de los parámetros en los siguientes elementos del enlace o sección:

$$\alpha_c = (\alpha_{fo} \times L) + (N_e \times P_e) + (N_c \times P_c) + (N_d \times P_d)$$

Donde:

- α_c = Presupuesto de pérdida.
- α_{fo} = Atenuación de la F. O. por Km. (de acuerdo al tipo de fibra y ventana de operación).
- L = Longitud de la fibra en Km.
- N_e = Número de empalmes en el enlace o sección.
- P_e = Pérdida máxima por empalme (valor de tabla 2.16).
- N_c = Numero de conectores terminales por enlace o sección (considerar par de conectores).
- P_c = Pérdida por conector terminal (valor de tabla 2.16).
- N_d = Número de Divisores (para enlaces Fibra a la Casa).
- P_d = Pérdida por Divisor (para enlaces Fibra a la Casa).

	Elemento	Unidad.	Valor a considerar.
Atenuación por:	Par de Conectores (entrada-salida) FC/LC/SC (APC, UPC)	dB	0.50
	Empalme Fusión		0.08
	Empalme Mecánico		0.10
	Divisor		1:8 = 10.5 1:32 = 17.5 1:64 = 21.0
	Fibra	dB/Km.	Tabla 2.13

Tabla 2.16. Valores de Atenuación a considerar para cálculo

Prueba.	Parámetros a medir.	Unidad (promedio ambos sentidos)	Valor a Considerar.	Equipo a utilizar
Atenuación (Retrodifusión)	Pérdida en Empalme por Fusión	dB	$< 0.08^*$	OTDR
	Pérdida en Empalme Mecánico	dB	$< 0.10^*$	
	Pérdida en Conectores FC/LC/SC (APC, UPC)	dB	$< 0.25^*$	
	Pérdida total (O-D/D-O)	dB	$\alpha_t < \alpha_c^*$	
	Pérdida por retorno óptico (P.R.O.)	dB	$\geq 27^*$	
Atenuación (Inserción)	Pérdida Total del enlace	dB	$\alpha_{ij} < \alpha_{cn}^*$	Fuente de luz estabilizada Medidor de potencia
Análisis de PMD	Dispersión por Modo de Polarización PMD	Coficiente de PMD	$C_{PMD} <$	Analizador de PMD Fuente Polarizada 1460-1640nm
Análisis de DC	Dispersión Cromática	Valor Límite de DC (ps/ηm)	VLDC <	Analizador de Dispersión Cromática Fuente Modulada 1260-1640nm

Tabla 2.17. Pruebas y Parámetros de las pruebas Punto a Punto.

Donde:

- Promedio en ambos sentidos.
- α_t =Atenuación total del enlace o sección del enlace medida en dB.
- α_{ti} =Promedio de los valores de pérdida por inserción.

2.7. Parámetros y valores de atenuación

En la construcción, operación y mantenimiento de enlaces de fibra óptica se requieren de mediciones técnicas para verificar las características de los mismos, desde cada uno de sus componentes, hasta la transmisión, debiendo cumplir con los parámetros y valores establecidos en el Protocolo # 9.

- **Parámetros**

Los parámetros a considerar para realizar la medición y pruebas de enlaces de fibra óptica son las siguientes:

- Longitud de onda
- Ancho de banda
- Índice de refracción
- Atenuación

Parámetro	Unidad
Longitud de onda	De 800 a 1600 nanómetros
Ancho de banda	Bits por segundo
Ancho de pulso	Segundos, milisegundos y microsegundos.
Índice de refracción	Depende del tipo de dispersión de la fibra
Atenuación	Decibeles, dB

Tabla 2.18. Valores para realizar la medición y pruebas de enlaces de fibra óptica.

Los valores de atenuación deben cumplir con lo establecido en el protocolo #9, los cuales son:

- Atenuación lineal
- Atenuación lineal promedio
- Atenuación promedio por empalme
- Atenuación promedio por acoplamiento de conectores
- Atenuación por divisor

Para nuestro caso el **valor máximo de atenuación permitido para el enlace es de: 28 dB.**

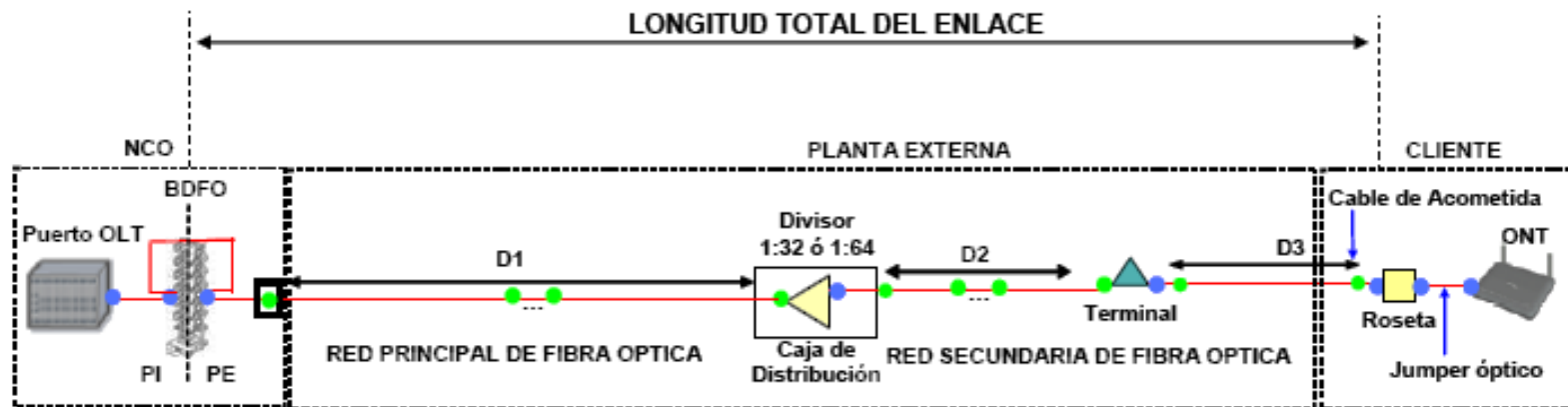
- **Valores de atenuación en el enlace**

La siguiente tabla muestra las pérdidas por cada elemento de la red de fibra a la casa.

Elemento	Pérdida
Conector	0.25 dB
Empalme por fusión	0.08 dB
Fibra Óptica	0.35 dB/Km. @ 1310 nm
Divisor	1.8=10.50 dB 1:32=17.50dB 1:64 = 21.00 dB

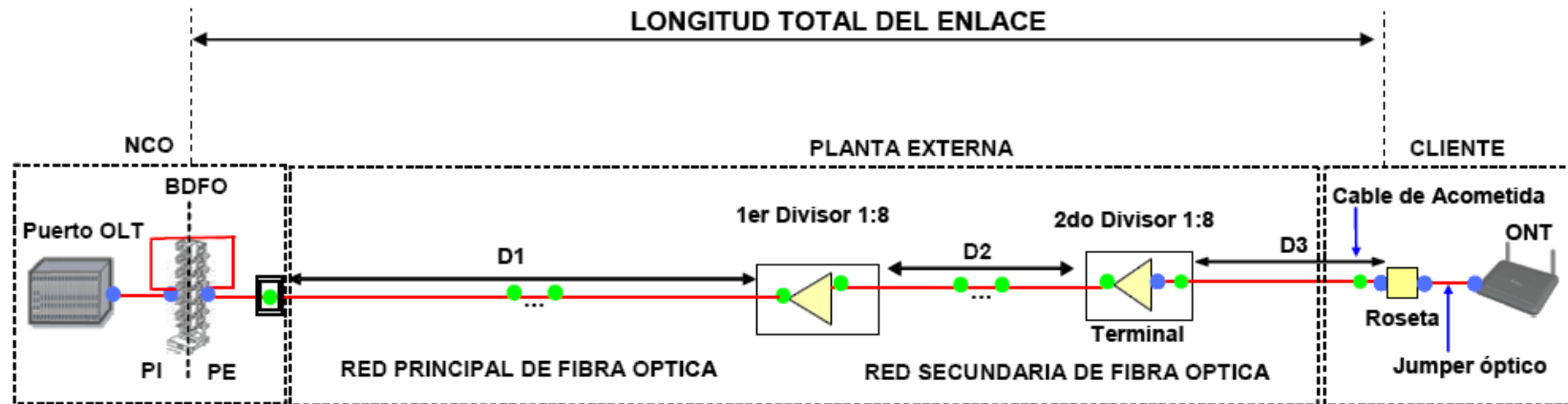
Tabla 2.19. Valores de pérdida por cada elemento.

Las siguientes figuras muestran lo anteriormente descrito:



Símbolo	Elemento	Atenuación (dB)
●	Parqueo	0.50
●	Empalme Fusión	0.08
—	Fibra 1310 nm	0.35 x Km.
◁	Divisor 1:32	17.50
◁	Divisor 1:64	21.00

Figura 2.55. Atenuación en Red Centralizada.



Símbolo	Elemento	Atenuación (dB)
● (Azul)	Parqueo	0.50
● (Verde)	Empalme Fusión	0.08
— (Rojo)	Fibra 1310 nm	0.35 x Km.
◁ (Dentro de un cuadrado)	Divisor 1:8	10.50

Figura 2.56. Atenuación en Red Distribuida.

Capítulo 3

Cierre para fibra óptica tipo FOSC 450 BS

3.1 Introducción

En este capítulo se describen las normas y procedimientos que debes aplicar para la instalación del cierre para fibra óptica FOSC 450 BS con divisores.

La necesidad de aumentar la capacidad de los servicios de telecomunicaciones en el mundo, ha llevado a grandes empresas de tecnología a buscar sistemas con mayor capacidad, se busca mayor ancho de banda y velocidad, con el objetivo así de mejorar el servicio de comunicaciones, para una demanda que va en aumento tanto en calidad como en cantidad.

Actualmente las redes de fibra óptica pasiva para llegar hasta el domicilio del cliente con una señal óptica obligan a sectorizar la misma, instalando nodos de transmisión en sectores e interconectarlos a las centrales de transmisión. Con el cierre FOSC 45 BS facilita las labores de administración de la red.

Por eso es importante realizarla con apego a las normas y procedimientos establecidos para garantizar un correcto funcionamiento del servicio.

3.2 El cierre FOSC 450 BS

Los Cierres FOSC 450 BS se pueden instalar para cumplir dos aplicaciones diferentes: como punto de conexión (empalmes y derivaciones de cables) o como punto de división (para alojar divisores de FTTH).

El Cierre de empalme para Fibra Óptica FOSC 450 BS emplea en su base un bloque de gel con tornillo compresor central que sella ambientalmente los puertos de entrada del cierre. Este cierre puede alojar hasta 6 charolas, cada una con 24 empalmes de fusión; por lo tanto, la capacidad máxima del cierre es 144 empalmes.

Cuando se colocan divisores ópticos en el cierre, éste puede alojar hasta 12 divisores ópticos de 1:8 dos por charola y hasta 108 empalmes por fusión. En la siguiente figura se muestra un cierre FOSC 450 BS con sus principales componentes.



Figura 3.1. Cierre FOSC 450 BS.

3.3 Características del cierre FOSC 450 BS

La familia FOSC de fibra óptica de cierre de empalme está disponible con la tecnología de gel de sellado de las terminaciones de los cables. se puede utilizar en cualquier entorno (pedestal aérea, sepultado y metro) y para aplicaciones de empalme numerosas (expresado, tap-off, rama y reparación).

3.3.1 Dimensiones

En la tabla 3.1 y en la figura 3.2, se indican las dimensiones nominales del cierre FOSC 450 BS. Las dimensiones son en mm.

TIPO DE CIERE	L1	L2	W	D1	D2
FOSC 450 BS	810	490	21.6	232	205

Tabla 3.1. Dimensiones nominales del cierre FOSC 450 BS.

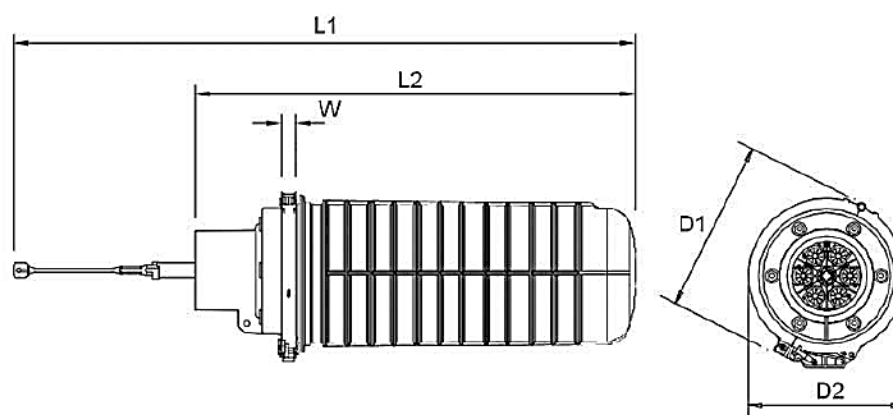


Figura 3.2. Dimensiones del Cierre FOSC 450 BS.

La siguiente figura muestra las dimensiones de la charola tipo A, para 24 empalmes (No. cat. 1028663), que se coloca en los cierres FOSC 450 A y FOSC 450 BS.

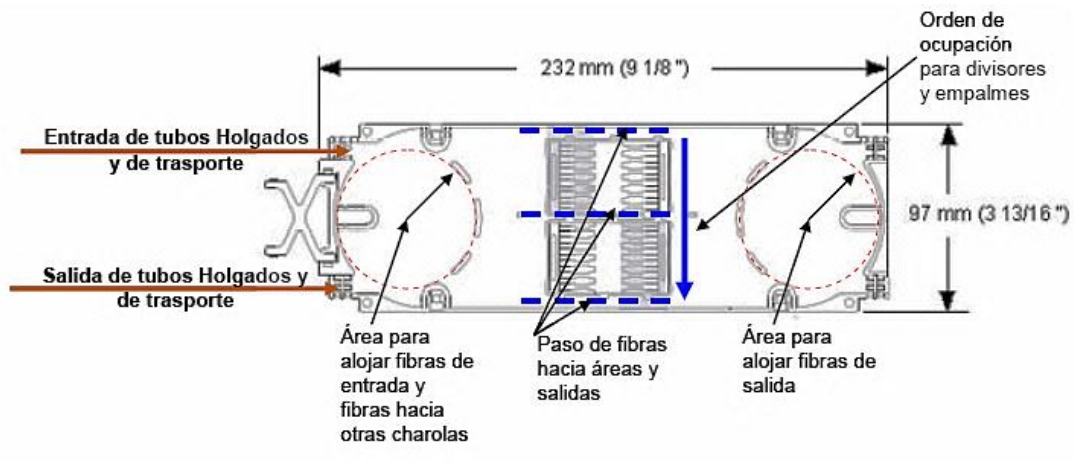


Figura 3.3. Dimensiones y funcionalidad de la charola tipo A

3.3.2 Cantidad de puertos (accesos)

El cierre tiene seis puertos para cables con diámetros que van desde los 9 hasta los 25.4 mm. En la siguiente figura se indican los puertos de entrada o salida del cierre y la forma en que son numerados.



Figura 3.4. Puertos de entrada o salida de cables en el cierre.

3.3.3 Cantidad de charolas que se pueden colocar

El cierre puede alojar máximo hasta 6 charolas. En la siguiente figura se indica la forma de numerar las charolas que se colocan en el cierre.



Figura 3.5. Cantidad máxima y numeración de charolas que se pueden montar en el cierre.

3.3.4 Materiales, herramientas y equipo requerido

Las siguientes tablas muestran las listas de los materiales, herramientas y equipos que se requieren para la instalación del cierre FOSC 450 BS.

DESCRIPCION	No DE CAT. SIATEL
Cierre de empalme F.O. FOSC 450BS.	01034255
Divisor 1:8 FOSC 450 B6-P-F (splitter).	01034256
Cinturón nylon grande 358mm.	01000715
Limpiador para cable relleno (0.5 Lts.).	01000736
Jabón GMP para pruebas de hermeticidad UCN.	01009454
Charola para FOSC 450 A (empalme tipo A).	01028663
Manga Termo-contráctil para protección del Empalme de fusión.	01028954

Tabla 3.2. Materiales que se emplean al colocar el cierre FOSC 450 BS.

DESCRIPCION	No DE CAT. SIATEL
Desarmador 7.9 x 203 mm (plano).	01002439
Tanque con nitrógeno para hacer prueba de hermeticidad	S/N
Válvula reductora para gas de dos pasos.	01002721
Llave hexagonal doble 3/8" – 7/16".	01002511
Maletín de herramienta para Fibra Óptica.	01002831
Cuchillo para zapatero.	01002433

Tabla 3.3. Herramientas y equipos que se emplean al instalar el cierre

a) Máquina empalmadora

En los enlaces con cable de fibra óptica se realizan empalmes usando la máquina empalmadora de fusión, para unir los tramos de cable que conforman el enlace, haciéndose necesario protegerlos mecánicamente a través de cierres de empalme, los cuales facilitan su acomodo y resguardo, además de ser accesibles en el caso de que se necesite efectuar alguna intervención en los mismos.

Las máquinas empalmadoras constan fundamentalmente de 3 sistemas:

- De alineamiento
- De fusión
- De monitoreo



Figura 3.6. Máquina Empalmadora.

b) Cortadora

Una vez que se ha removido la protección primaria en la fibra se procede a efectuar el corte de la punta, para lo cual se utiliza la cortadora de precisión. Este corte es muy importante porque de él depende en mucho la calidad del empalme.

Un corte defectuoso puede producir una serie de efectos no deseados como un aumento de la potencia reflejada, pérdidas en conexiones y acoplamientos.



Figura 3.7. Cortadora de fibra Óptica.

c) Maletín de herramienta para Fibra Óptica

Para remover la protección primaria (pelado) de la fibra se utiliza una pinza peladora; alcohol isopropílico y gasas para su limpieza, que son parte de le maletín de intervención de fibra óptica.



Figura 3.8. Maletín básico de herramienta para fibra óptica.

d) Splitter Óptico

El Splitters óptico puede ser clasificado en dos clases:

- Splitter Fuse Bi-conical Taper (FBT)
- Splitter Planar lightwave circuit (PLC)

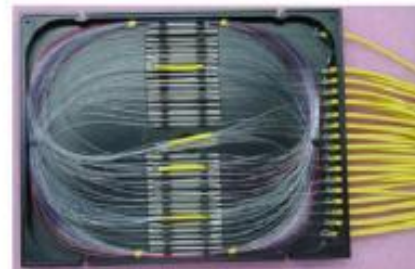
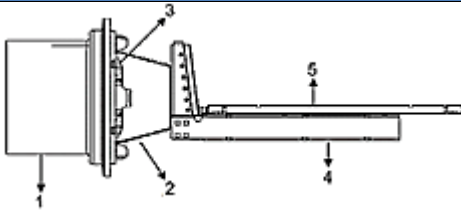
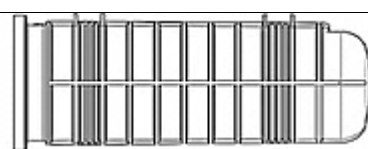

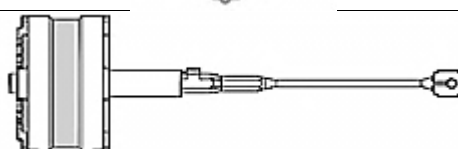

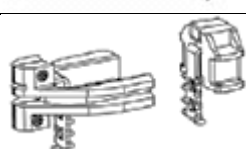



Figura 3.9. Splitters Óptico

3.4 Componentes del cierre FOSC 450 BS

A continuación, muestran las listas de los componentes que incluyen los materiales: Cierre FOSC 450 BS, la charola adicional y el divisor óptico que se utilizan en la instalación del cierre. Los componentes del cierre FOSC 450 BS, son los siguientes:

No.	COMPONENTES DEL CIERRE	IMAGEN
1	Una base con empaque.	
2	Una torre para montar charolas.	
3	Una base para fijación de los cables.	
4	Una canasta para almacenar tubos holgados.	
5	Una charola para 24 empalmes con su respectiva tapa transparente.	
6	Un domo.	
7	Una abrazadera para sujeción del domo.	
8	Un bloque de gel con tornillo compresor central.	
9	4 Tapones para puertos no utilizados en el cierre	
10	6 Juegos de elementos para sujeción del cable	
11	6 Soportes para sujeción del elemento de tracción del cable, con su correspondiente tornillo y abrazadera.	








No.	COMPONENTES DEL CIERRE	IMAGEN
12	6 Abrazaderas metálicas con cremallera.	
13	24 Tubos de transporte de 320 mm de longitud (12 con un diámetro de 1/8" y 12 de 1/16").	
14	12 Cinturones de plásticos de 155 mm de longitud.	
15	Una correa de velcro con hebilla.	
16	Una tira alfepada con adhesivo de 300 mm de longitud.	
17	Un tramo de 2.0 m de tubo helicoidal de 1/8" de diámetro.	
18	Un desarmador para tornillos con cabeza hexagonal.	
19	Juego de herraje para sujeción del cierre a poste.	
20	Un manual de instalación.	

Tabla 3.4. Componentes del cierre FOSC 450 BS (No. Cat. 01034255).

3.4.1 La charola adicional

La siguiente tabla indica los componentes que incluye una charola “tipo A” adicional para el cierre FOSC 450 A y 450 BS.

Nota: Las mangas termo-contráctiles se piden por separado







No.	COMPONENTES DE LA CHAROLA	IMAGEN
1	Una charola para 24 empalmes.	
2	Una tapa transparente para la charola de empalme.	
3	6 Cinturones de plástico de 155 mm de longitud.	
4	Una tira alfepada con adhesivo de 300 mm de longitud.	
5	Dos bolsas con 6 palomitas en cada una.	
6	Un manual de instalación.	

Tabla 3.5. Componentes de la charola tipo “A” para empalmes (No. cat. 01028663).

3.4.2 El divisor óptico

La siguiente tabla muestra los componentes que incluye el divisor óptico que se coloca en la charola de los cierres FOSC: 450 A, 450 BS y 350 C; el divisor se pide por separado.


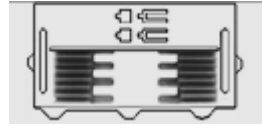


No.	COMPONENTES DEL DIVISOR	IMAGEN
1	Un divisor óptico 1:8.	
2	Un modulo para empalmes y divisores ópticos.	
3	Un reporte de pruebas efectuadas a las fibras del divisor.	
4	Un manual de instalación.	

Tabla 3.6. Componentes del divisor óptico (No. cat. 01034256).

3.5 Trazado del cable de fibra óptica

Para la preparación de los cables a empalmar se debe considerar la longitud de conductores, ésta es necesaria para realizar la conexión, manejo y acomodo de las fibras en el interior del cierre.

El trazo del empalme es la separación necesaria entre las puntas de los cables que se van a conectar. La siguiente tabla muestra la longitud necesaria de trazo para empalmar cables con o sin divisores y en derivación, para cables con tubos holgados de 6 ó 12 fibras cada uno.

TRAZO (m)	SE USA PARA	OBSERVACION
1.50	Empalmar cables en punta de la red secundaria y principal.	
2.00	Empalmar cables en derivación con divisores (sacar algunas fibras de un cable).	De 1 hasta 6 divisores por cierre.
2.50	Empalmar cables en derivación con divisores. Aplica sólo a Cables con tubos holgados de 12 fibras c/u.	Hasta 7 ó 12 divisores por cierre.

Tabla 3.7. Longitud de trazo requerida por el cierre.



Figura 3.10. Trazado del cable de fibra óptica.

3.6 Ruta, orden y colocación de la fibra en la charola

La siguiente figura muestra el lugar de colocación y orden de las fibras de los divisores y la ruta a seguir de alimentación y distribución del divisor en la charola:

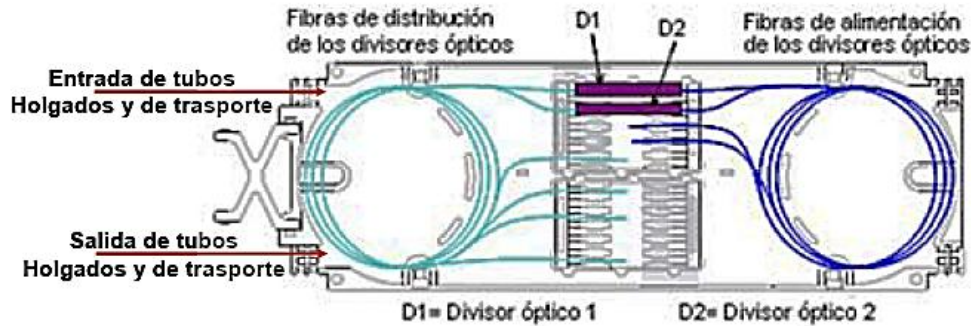


Figura 3.11. Lugar de colocación y orden de los dos divisores en la charola.

La siguiente figura muestra los empalmes de las fibras de alimentación de los divisores y la ruta a seguir, tanto de las fibras de alimentación del divisor como de entrada a la charola:

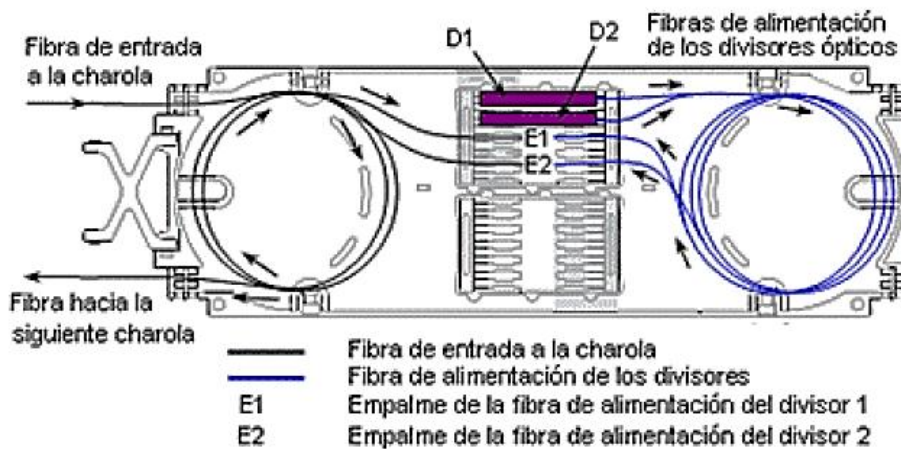


Figura 3.12. Ruta a seguir de las fibras: de alimentación de los divisores y de entrada a la charola.

La siguiente figura muestra la ruta a seguir de las fibras: de distribución de los divisores y de salida en la charola:

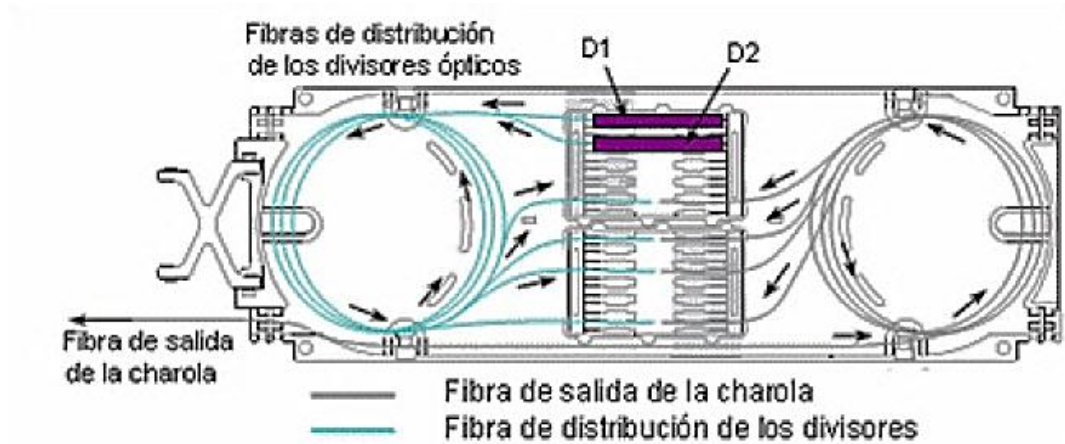


Figura 3.13. Ruta a seguir de las fibras: de distribución de los divisores y de salida en la charola.

La siguiente figura muestra la ruta a seguir de las fibras que pasan de una charola a otra ya sea de entrada o salida de la charola:

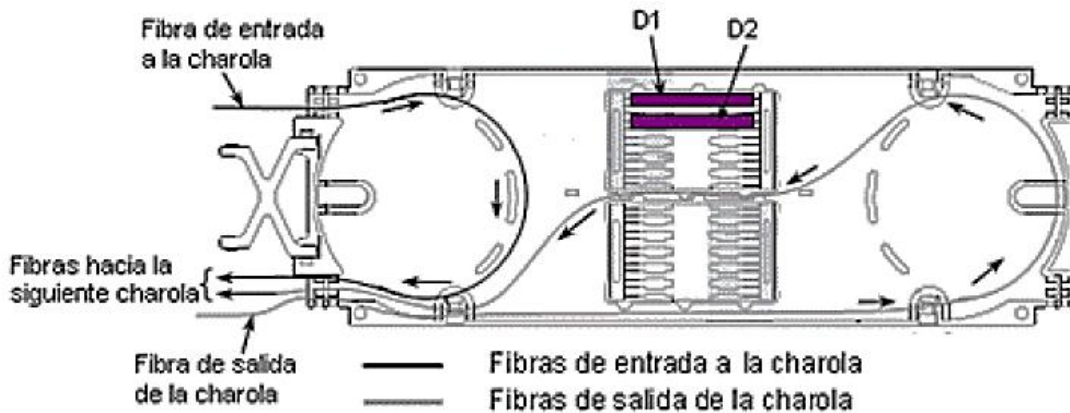


Figura 3.14. Ruta a seguir de las fibras de entrada o salida que pasan de una charola a otra.

La siguiente figura muestra la ruta a seguir de las fibras que provienen de otra charola ya sea de entrada o salida de la charola:

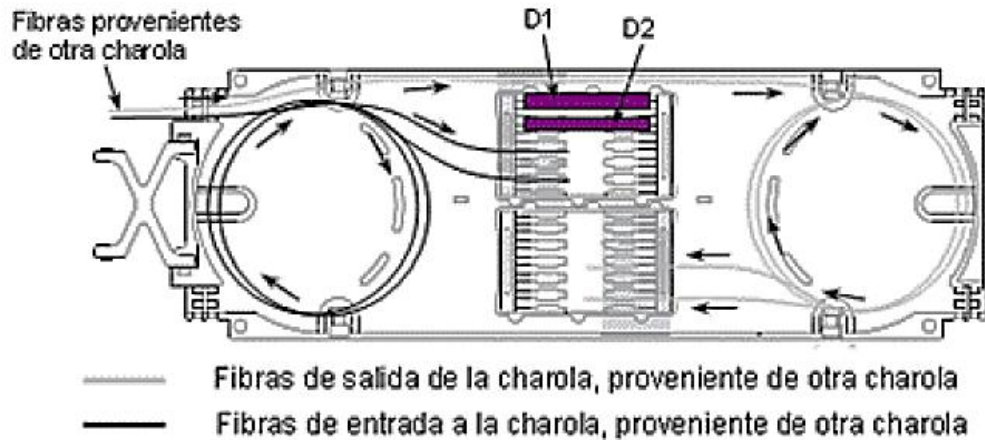


Figura 3.15. Ruta a seguir de las fibras de cables de entrada o salida de la charola, provenientes de otra charola.

3.7 Preparación de las fibras para los divisores

Las fibras para los divisores se colocan en forma ascendente: de abajo hacia arriba, dejando 2 fibras por charola.

En la siguiente figura, se muestra el arreglo de colocación de las fibras de entrada a la charola para el caso de tubos holgados de 6 fibras.

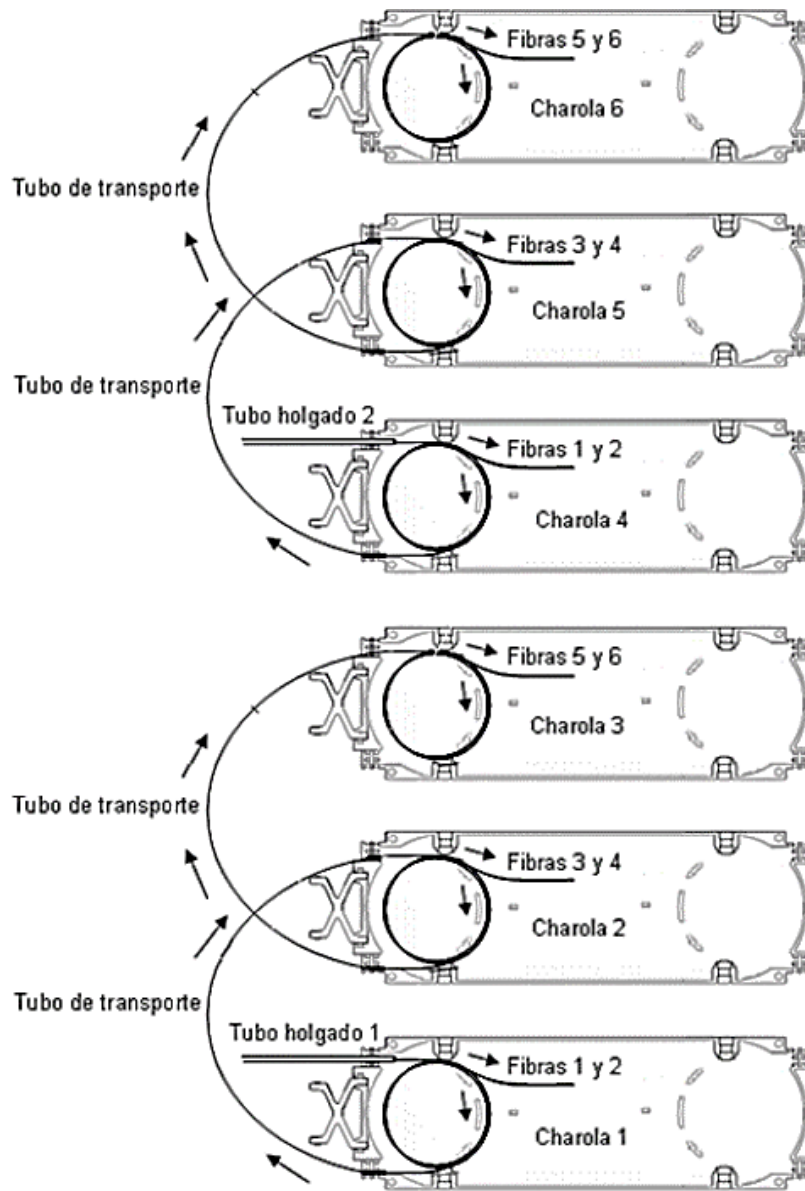


Figura 3.16. Ruta a seguir de las fibras de cables de entrada o salida de la charola, provenientes de otra charola.

Las fibras de paso entre charolas, únicamente hacen media vuelta en la sección de fibras de entrada y las dos fibras que se quedan por charola se acomodan a la fibra con vueltas completas.

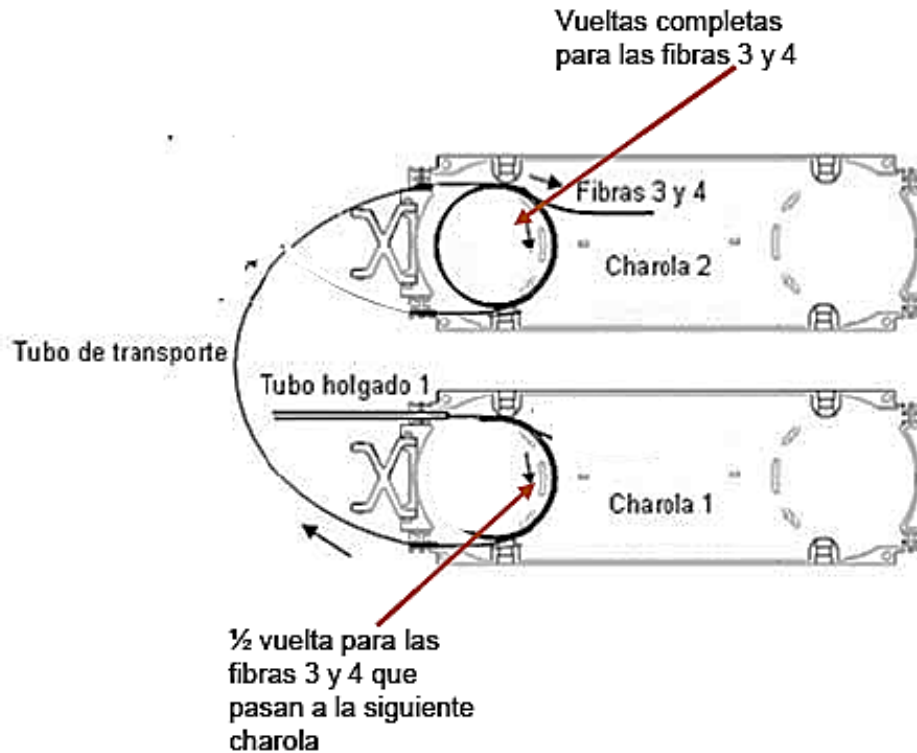


Figura 3.17. Acomodo de las fibras para los divisores de entrada a la charola, con tubos holgados de 6 fibras.

La siguiente figura muestra el arreglo de colocación de las fibras de entrada a la charola, para el caso de tubos holgados de 12 fibras.

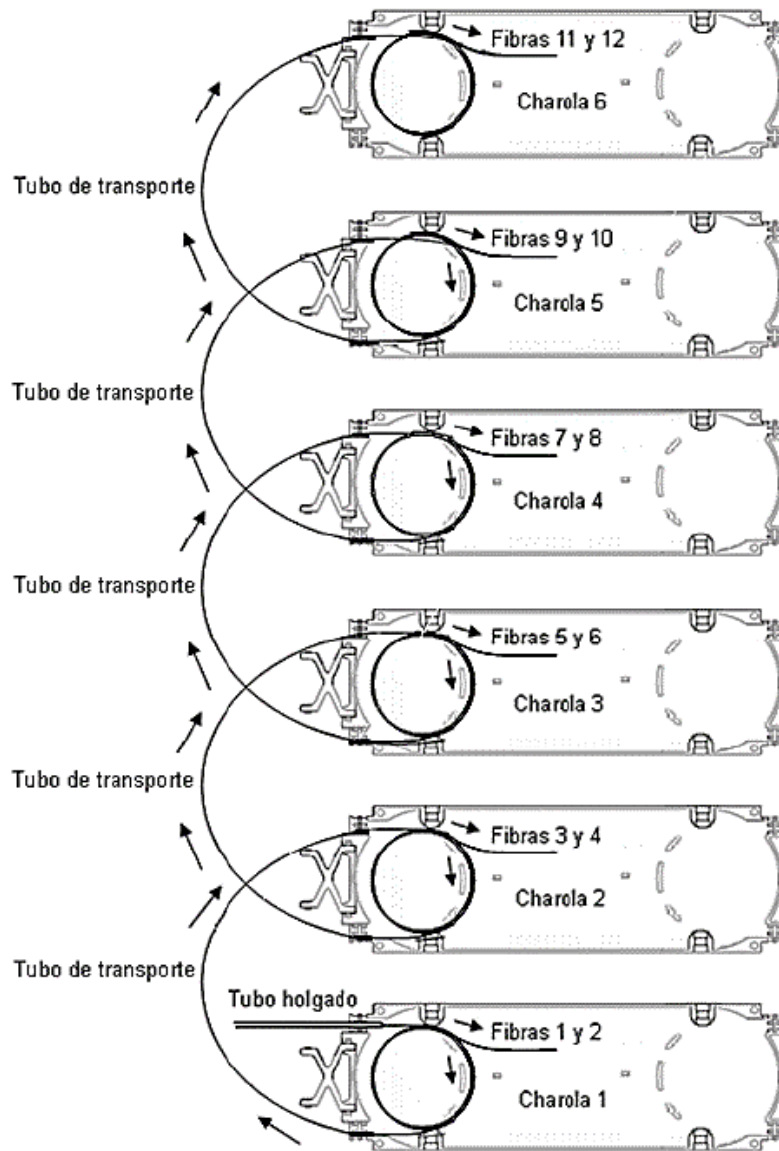


Figura 3.18. Acomodo de las fibras de los divisores, con tubos holgados de 12 fibras.

3.7.1 Acomodo de fibras de salida de la charola

Las fibras de salida de la charola se colocan en forma ascendente, de abajo hacia arriba, dejando 16 fibras por charola. La siguiente figura muestra el arreglo de colocación de las fibras de salida de la charola, con tubos holgados de 6 fibras cada uno.

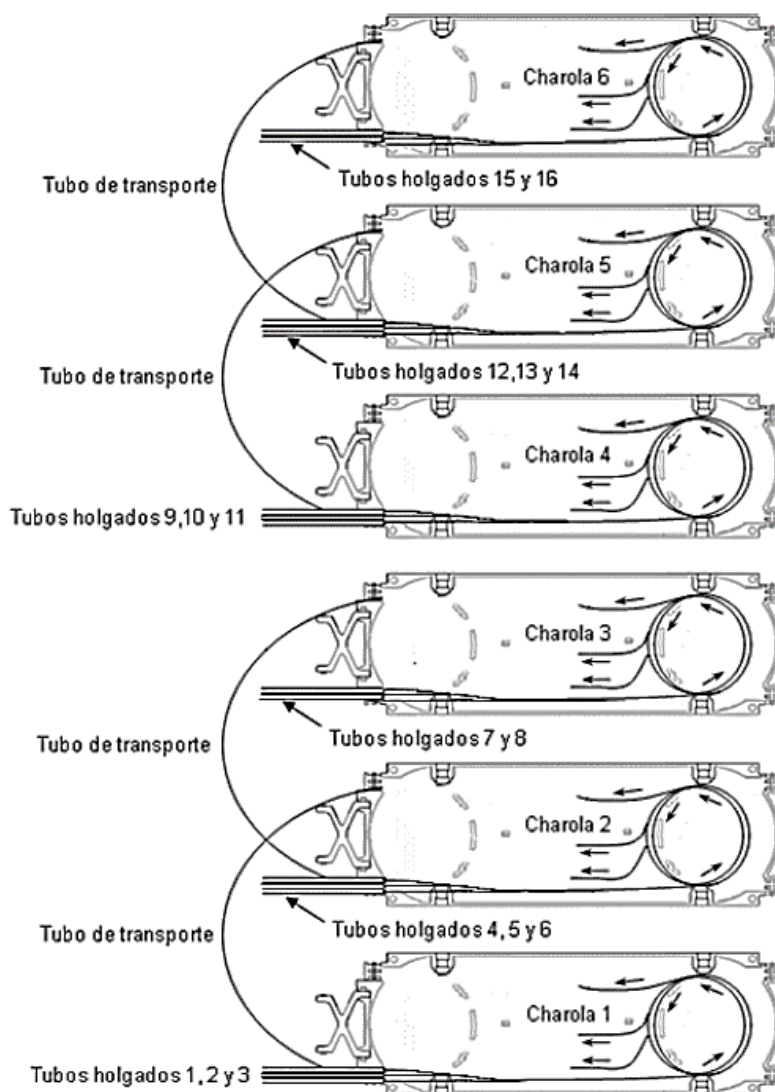


Figura 3.19. Acomodo de las fibras de salida de la charola, con tubos holgados de 6 fibras cada uno.

La siguiente figura muestra el arreglo de colocación de las fibras de salida de la charola, con tubos holgados de 12 fibras cada uno:

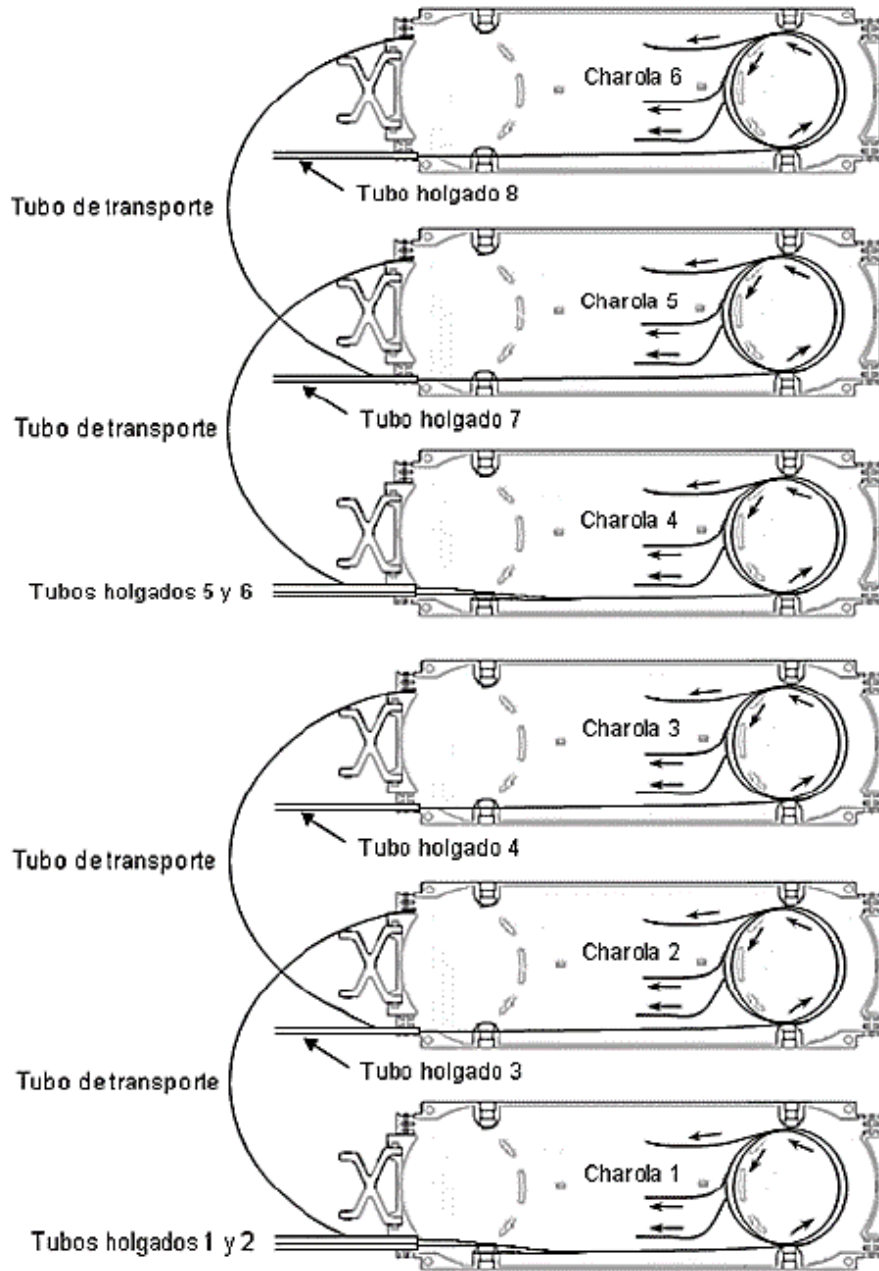


Figura 3.20. Acomodo de las fibras de salida de la charola, con tubos holgados de 12 fibras cada uno.

3.7.2 Identificación y colocación de fibras en la charola

La siguiente figura muestra los empalmes entre las fibras: de alimentación de los divisores y de entrada a la charola. Las fibras se colocan y empalman en orden ascendente: de arriba hacia abajo en la charola; es decir, primero la fibra de alimentación del divisor 1 y luego la fibra de alimentación del divisor 2; con las fibras de entrada a la charola, también en orden ascendente.

Las fibras de distribución de los divisores y de salida de la charola se colocan y se empalman en orden ascendente: de abajo hacia arriba en la charola; es decir, primero las fibras de distribución del divisor 1 y luego las fibras de distribución del divisor 2; con las fibras de salida de la charola, también en orden ascendente, tal como lo muestra la siguiente figura:

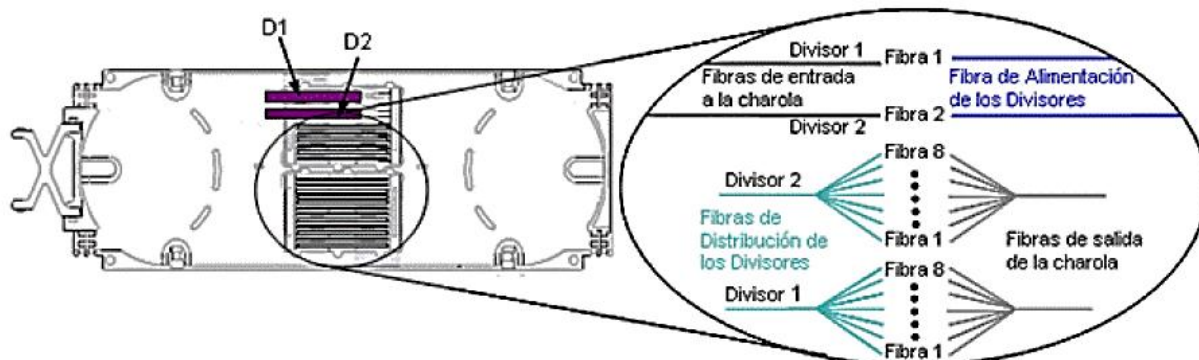


Figura 3.21. Colocación en forma ascendente de las fibras: de divisores y de entrada o salida de la charola.

Cuando las fibras de salida de la charola provienen de otra, éstas se colocan en forma ascendente: de abajo hacia arriba y se empalman con las fibras de distribución del divisor 1 correspondientes, colocadas también en forma ascendente, tal como se muestra en la figura 3.21.

3.7.3 Identificación de fibras en los divisores y cables de fibra óptica

La siguiente tabla muestra el código para identificar las fibras en los divisores ópticos:

FIBRA DEL DIVISOR	COLOR	FIBRA O TUBO HOLGADO	COLOR
1	Azul	7	Rojo
2	Naranja	8	Negro
3	Verde	9	Amarillo
4	Café	10	Violeta
5	Gris	11	Rosa
6	Blanco	12	Verde agua

Tabla 3.8. Identificación de fibras en los divisores ópticos.

NUMERACION PORTS SPLITTERS		
Port	Grupo	Fibras ópticas
1	1 AZUL	1 AZUL
2		2 NARANJA
3		3 VERDE
4		4 MARRON
5		5 GRIS
6		6 BLANCO
7		7 ROJO
8		8 NEGRO
9	2 NARANJA	1 AZUL
10		2 NARANJA
11		3 VERDE
12		4 MARRON
13		5 GRIS
14		6 BLANCO
15		7 ROJO
16		8 NEGRO



Figura 3.22. Colocación de los Splitter por código de color.

La siguiente tabla muestra el código para identificar las fibras o tubos holgados en cables de Fibra Óptica.

FIBRA O TUBO HOLGADO	COLOR	FIBRA O TUBO HOLGADO	COLOR
1	Natural	7	Violeta
2	Azul	8	Café
3	Amarillo	9	Gris
4	Rojo	10	Negro
5	Verde	11	Rosa
6	Naranja	12	Blanco

Tabla 3. 9. Identificación de fibras ópticas en cables

3.8 Instalación del cierre FOSC 450

Para la preparación del cierre, ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Abre el cierre; para ello, debes quitar la abrazadera de sujeción del domo

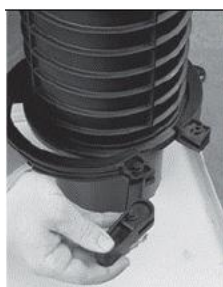


Figura 3.23. Abrazadera del domo.

2. Remueve el domo del cierre y saca la torre de la base del cierre.



Figura 3.24. Base y domo.

3. Asegúrate que la canasta para almacenar tubos holgados con respecto a las charolas, esté colocado como se indica en la figura.



Figura 3.25. Numero de charolas del cierre FOSC 450 BS.

4. Inserta las charolas adicionales requeridas. Para ello, introduce un extremo de la base de la charola en la perforación de la base metálica correspondiente.

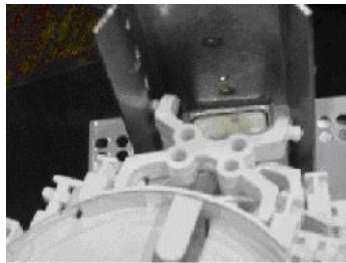


Figura 3.26. Identificación de la charola adicional.

5. Ejerce presión en el lado contrario de la base de la charola para introducir ésta en su perforación correspondiente de la base metálica.



Figura 3.27. Colocación de la charola adicional.

6. Para poder trabajar en cada charola del cierre, es necesario que coloques el separador de charolas que se incluye en el juego del cierre. Una vez usado el separador, es necesario insertarlo en la cinta de velcro para evitar perderlo.

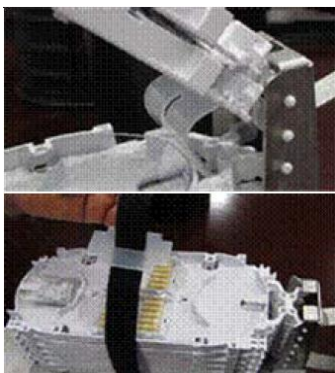


Figura 3.28. Separador de charolas.

7. Coloca un módulo para empalmes y divisores ópticos en cada charola del cierre. Ejecuta este procedimiento sólo si el cierre es para divisores ópticos.



Figura 3.29. Módulos de colocación del empalme.

8. Coloca él o los divisores ópticos en cada módulo para empalmes y divisores.

Asegúrate de colocar en la posición indicada las fibras de alimentación y distribución de cada divisor.

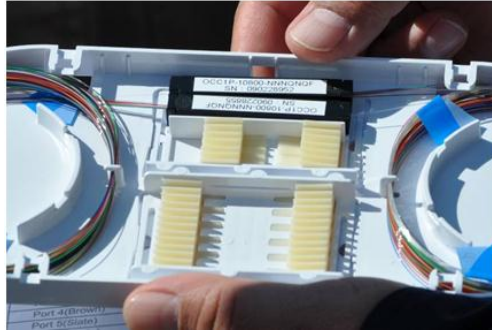


Figura 3.30. Colocación del divisor óptico en las charolas.

3.8.1 Preparación y fijación de cables de fibra óptica en el cierre

Para continuar con la preparación del cable de fibra óptica, ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Haz el trazo de los cables.



Figura 3.31. Trazado y limpieza del cable de fibra óptica.

2. Corta el elemento de tracción dejando una distancia de 50 mm con respecto a la cubierta.

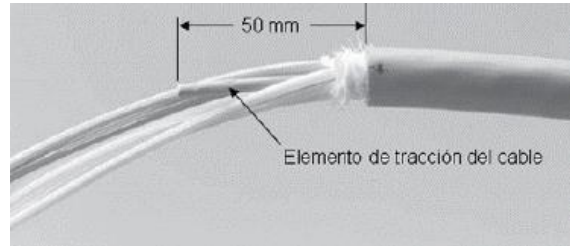


Figura 3.32. Corte longitudinal de 50 mm.

3. Introduce los tubos holgados de los cables en el interior de la base del cierre.



Figura 3.33. Colocación de los tubos Holgados en la base.

4. Fija el elemento de tracción del cable con su soporte de tracción correspondiente.



Figura 3.34. Fijación del cable de fibra óptica en el soporte.

- Arma los elementos para sujeción del cable y colócalos sobre el cable.



Figura 3.35. Armado de los elementos de sujeción.

- Coloca la abrazadera con cremallera, una por cada cable y apriétala con el desarmador plano (No. Cat. 01002439).



Figura 3.36. Colocación de la abrazadera con cremallera.

- Selecciona los puertos del cierre que serán utilizados por los cables de entrada y salida del cierre.



Figura 3.37. Ubicación de los puertos de entrada y salida.

8. Inserta los cables y los elementos para sujeción del cable en las ranuras de la base del cierre.

Asegúrate que al insertar los cables en la ranura se escuche un “clic”.

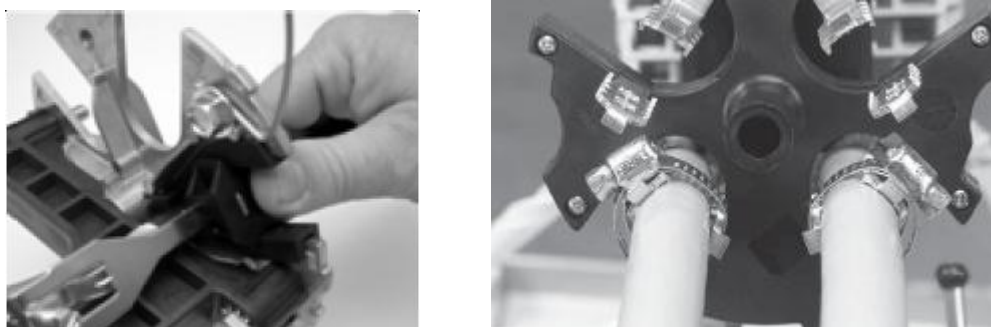


Figura 3.38. Orientación del cable de fibra óptica en la entrada y salida de los puertos.

3.8.2 Acomodo y fijación de los tubos holgados en la canasta del cierre

Para llevar a cabo el acomodo y fijación de los tubos en la canasta del cierre, ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Separa el tubo holgado que será intervenido en el cierre. Cuando todas las fibras del tubo holgado son rematadas en las charolas del cierre, sólo entonces, debes cortar el tubo holgado en la salida del cable.

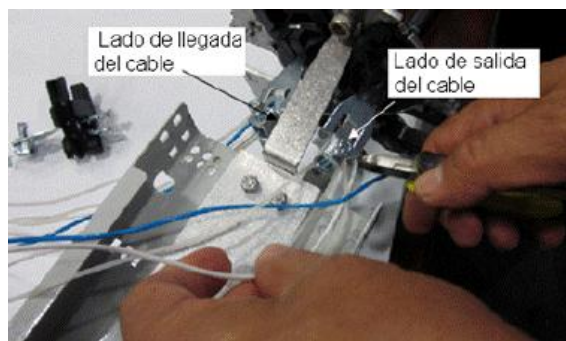


Figura 3.39. Separación de los Tubos Holgados.

2. Enrolla los tubos holgados sin intervenir. El diámetro de las vueltas de los tubos holgados será máximo de 12 cm.



Figura 3.40. Enrollado de los tubos holgados en la canasta del cierre.

3. Coloca 4 cinturones plásticos para mantener enrollados los tubos holgados.



Figura 3.41. Colocación de cinturones en las fibras ópticas.

4. Coloca el rollo de tubos holgados en la canasta del cierre.

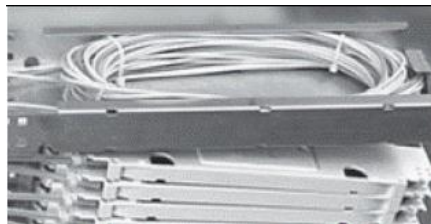


Figura 3.42. Colocación de tubos holgados de sobrante en la canasta del cierre.

5. Fija el rollo de tubos holgados a la canasta con 4 cinturones plásticos.

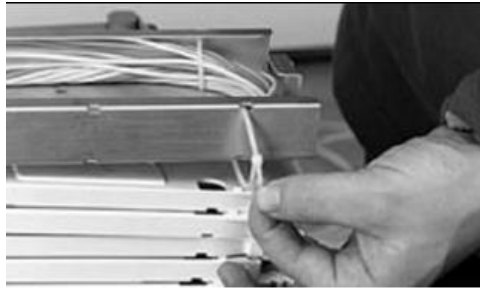


Figura 3.43. Fijación del sobrante con cinturones de plástico.

3.8.3 Fijación del tubo holgado y tubo de transporte en la charola del cierre

Para fijar el tubo holgado que contiene las fibras de entrada a la charola y tubos de transporte, ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Dirige el tubo holgado hacia la charola para su fijación.

Para detalles del tubo holgado con las fibras de entrada a la charola y para detalles del tubo holgado con las fibras de salida de la charola



Figura 3.44. Dirección del tubo holgado a la entrada de la charola.

2. Presenta el tubo holgado en la charola y marca con plumón o marcador hasta dónde debe llegar el tubo holgado.

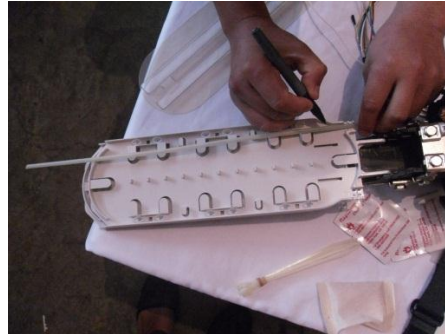


Figura 3.45. Marcación del tubo de transporte en la charola

3. Haz un corte transversal y longitudinal al tubo holgado que se va a intervenir.

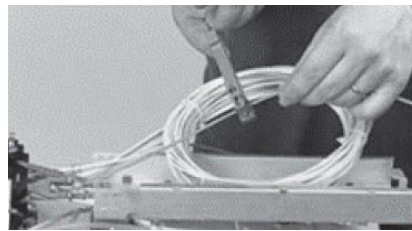


Figura 3.46. Corte transversal y longitudinal al tubo holgado.

4. Una vez retirado el tubo holgado, limpia la grasa de las fibras; para ello, utiliza un pañuelo humedecido con el limpiador para cable (No. Cat. 01000736).



Figura 3.47. Limpieza de las fibras ópticas con isopropílico.

5. Corta un pedazo de la cinta adhesiva afelpada y colócalo sobre el tubo holgado, tal como se muestra en la figura.

Este paso sólo aplica a tubos holgados y es con el fin de asegurar su fijación a la charola.



Figura 3.48. Colocación de la cinta adhesiva afelpada.

6. Repite los pasos del 1 al 5 para cada tubo holgado.
7. Corta a la mitad los tubos de transporte de menor diámetro que incluye el juego del cierre. A los tubos de transporte **NO** se les coloca la cinta adhesiva afelpada, sólo a los tubos holgados.



Figura 3.49. Tubos de transporte.

8. Fija los tubos holgados y los tubos de transporte a la charola. Para ello, usa 2 cinturones de plásticos por cada tubo holgado o de transporte.

Para detalles de cómo colocar el tubo de transporte entre las charola.



Figura 3.50. Fijación de los tubos de transporte en las charolas.

9. Repite los pasos 1 al 5 para cada tubo holgado. Por último, fija los tubos holgados a la charola como se indica en el paso anterior. Para detalles de cómo colocar el tubo holgado en las charolas.



Figura 3.51. Orientación para cada tubo de transporte en las charolas.

3.8.4 Acomodo de fibras y empalme de fusión en las charolas

Para el acomodo de fibras y empalmes de fusión en la charola del cierre, ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Ordena y acomoda las fibras de entrada a la charola, de acuerdo a la cantidad de fibras por tubo holgado (6 ó 12).
2. Ordena y acomoda las fibras de salida de la charola, de acuerdo a la cantidad de fibras por tubo holgado (6 ó 12).
3. Asegúrate de que las fibras de alimentación y distribución del divisor óptico.

4. Acomoda las fibras de salida que pasan de una charola a otra en la ruta que se indica
5. Realiza los empalmes de fusión. Primero, la fibra de alimentación del divisor 1; luego, la del divisor 2, con su correspondiente fibra de entrada a la charola y coloca los empalmes en las ranuras del módulo de empalmes, correspondientes a los divisores 1 y 2.
6. Realiza los empalmes de fusión. Primero las fibras de distribución del divisor 1; luego las del divisor 2, con su correspondiente fibra de salida de la charola y coloca los empalmes en las ranuras del módulo de empalmes, correspondientes a los divisores 1 y 2.
7. Acomoda las fibras en la charola y coloca la tapa transparente.



Figura 3.52. Acomodo de las fibras en las charolas.

8. Repite los pasos 1 al 7 para cada una de las charolas del cierre.
9. Coloca la cinta de velero sobre las charolas y la canasta; asegúrate de poner la hebilla de la cinta y el separador de charolas en la parte superior de las charolas.

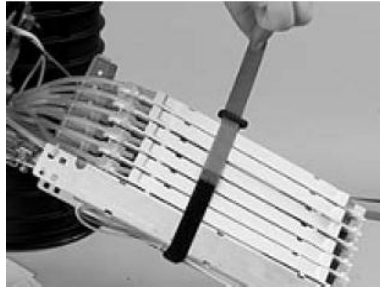


Figura 3.53. Colocación de la cinta de velero.

3.8.5. Ensamble del cierre

Para cerrar el cierre, ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Abre el sello del bloque de gel. Para ello, presiona el bloque en los puntos que se indican en la figura:

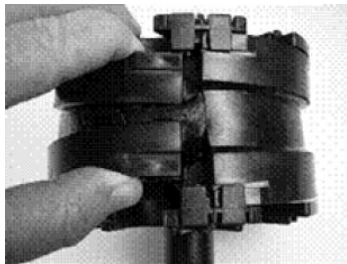


Figura 3.54. Instalación del bloque de Gel.

2. Inserta los cables en el interior del bloque de gel.

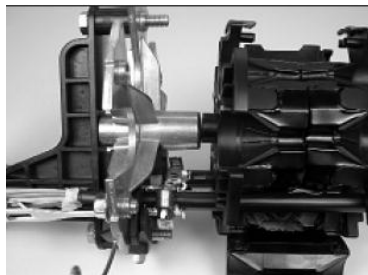


Figura 3.55. Colocación de cables en el bloque de Gel.

3. Cierra el sello del bloque de gel y coloca los tapones en los puertos del cierre que no se utilizaron.



Figura 3.56. Tapones en cierre.

4. Coloca la torre sobre la base del cierre, asegúrate que las muescas de la torre ubicadas entre los puertos 5 y 6 coincidan con la ranura más grande de la base del cierre.



Figura 3.57. Alineamiento de la base con empaque

5. Coloca el domo sobre la base hasta que asiente.

Asegúrate que la costilla del domo indicada por la hecha en color azul, quede en medio de las dos costillas de la base, indicadas con las flechas en color blanco.

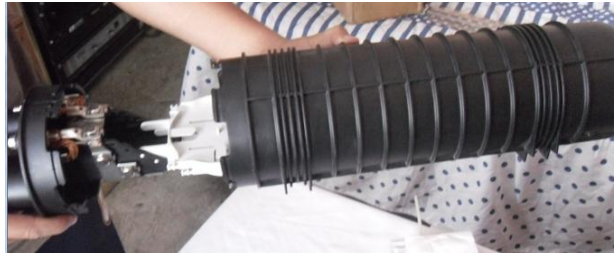


Figura 3.58. Colocación del domo.

6. Coloca la abrazadera de sujeción del domo entre la base y el domo.



Figura 3.59. Colocación de las abrazaderas.

7. Aprieta girando el tornillo compresor hasta alcanzar el tope; para ello, puedes utilizar desarmador plano que se inserta en el orificio del tornillo compresor.



Figura 3.60 Giro del tornillo compresor.

3.8.6 Fijación del cierre en el poste

Cuando el cierre FOOSC 450 BS se instala en un poste, se fija al poste como se muestra en la siguiente figura:



Figura 3.61. Fijación de cierre 450 BS en el poste.

- El cierre se debe colocar en el poste del lado arroyo.
- Cuando en el poste ya exista un cierre, éste se colocará abajo del cierre existente a una distancia de separación de 35 cm

3.8.7 Fijación del cierre en el pozo

Cuando el cierre FOOSC 450 BS se instala en un pozo, éste se coloca sobre dos soportes, sujetándolo con cinturones de plástico (No. Cat. 01000715), uno en cada extremo del domo del cierre, tal como lo muestra la siguiente figura:

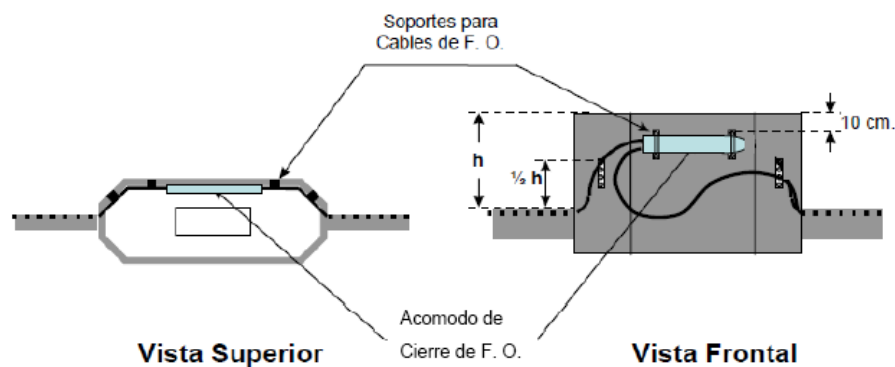


Figura 3.62. Fijación del cierre 450 BS en pozo.

3.9. Etiquetado de las fibras ópticas dentro del cierre

En cada tapa transparente de la charola se deben etiquetar los Divisores y los empalmes con la máquina etiquetadora. El tamaño de las letras se debe ajustar a las dimensiones de la etiqueta con sus cuentas correspondientes.

En la siguiente figura, la etiqueta con la leyenda: 1224 – 303, corresponde al número de cable principal y la fibra principal que alimenta al divisor 1.

La etiqueta con la leyenda: 24 F.O. F-16, corresponde a la capacidad del cable secundario y la fibra asignada a la terminal FOB8

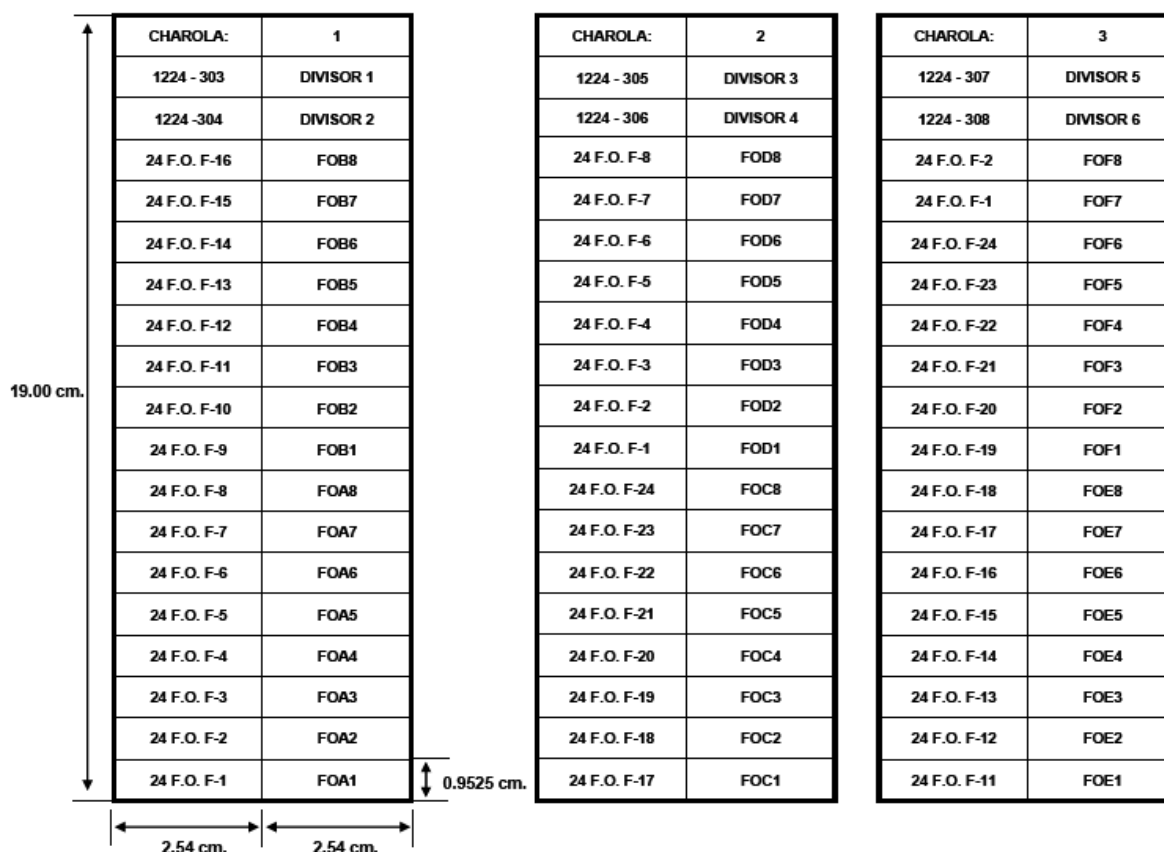


Figura 3.63. Etiqueta con la leyenda: 1224 – 303.

3.10 Etiquetas y bloques de empalme

La siguiente figura muestra la etiqueta de identificación para charola del cierre FOSC 450 BS y su correspondencia en los bloques de empalme

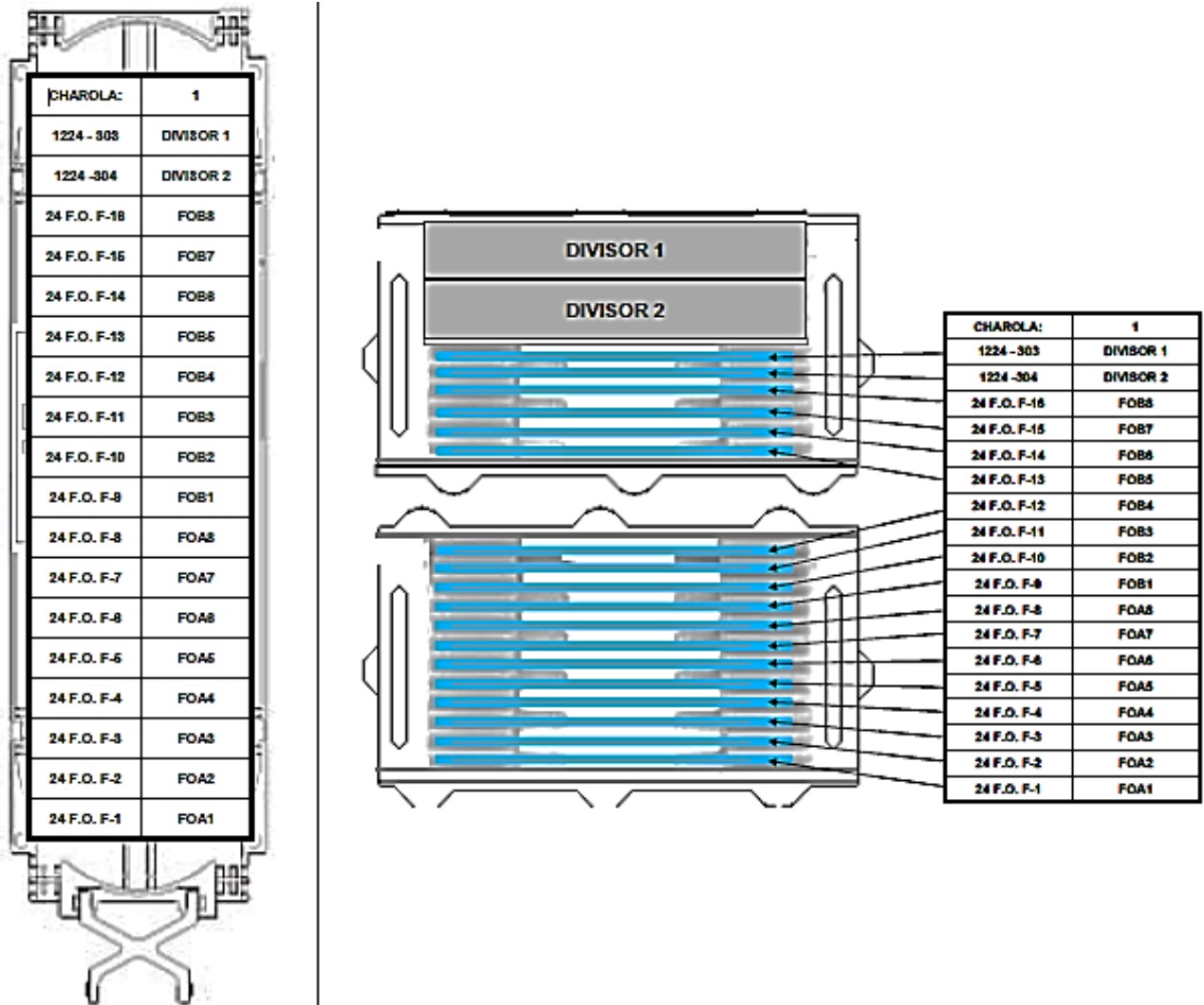


Figura 3.64 Etiquetados de fibras en el cierre.

3.11 Prueba de Hermeticidad del cierre FOSC 450 BS

Para asegurar la hermeticidad del cierre FOSC 450 BS, ejecuta el siguiente procedimiento:

Paso	Acción
1	Quita el tapón de acero inoxidable de la brida de la válvula del cierre y conecta el tanque de aire seco en la brida de la válvula.
2	Suministra aire hasta alcanzar una presión de 3 psi (Lb/Pulg ²)
3	Aplica jabón alrededor del cierre entre la unión del domo y la base. También, asegúrate de probar alrededor de la brida de la válvula de aire del cierre.
4	Una vez terminada la prueba de hermeticidad quita el suministro de aire. Saca un poco de aire del interior del cierre. Coloca el tapón de acero inoxidable en la brida de la válvula del cierre y gíralo hasta verificar que esté bien apretado.

Tabla 3.10 Pasos de la prueba de Hermeticidad

Conclusiones

La fibra óptica es actualmente el sistema de cableado más eficaz y efectivo para las largas distancias es un medio de transmisión seguro con mayor ancho de banda y mayor fidelidad que los otros cableados existentes. El cable que le sigue en cuanto a capacidad y calidad de transmisión es el cobre.

La fibra óptica es una buena solución para el cableado de largas distancias, dado que su capacidad para trasladar la información, no requiere de concentradores y puede mandar información trasatlántica.

Dicho tema lo escogí para saber el funcionamiento de los diferentes tipos de cierre, en especial el FOSC 450 BS de como realiza la transmisión de punto a multipunto a través de un divisor óptico o si solo se realiza un empalme para continuar el enlace con la fibra óptica.

Con referencia al objetivo planteado, se logró satisfactoriamente ya que se pudo identificar su funcionamiento al igual de comprender su estructura para el uso de las nuevas tecnologías en las redes de fibra óptica las cuales son utilizadas en telecomunicaciones.

Considero que este trabajo de Tesis puede ser de gran ayuda en la Fes Aragón, en especial dentro de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica para el área de comunicaciones, ya que pienso que es indispensable que los alumnos de generaciones posteriores conozcan el funcionamiento y desarrollo de un cierre tipo FOSC, es decir, que mediante prácticas de laboratorio los docentes expliquen su labor dentro de las telecomunicaciones, debido a que en futuro no tan lejano, será parte de las nuevas herramientas tecnológicas.

Bibliografía

Autor (es)	Documento
Gerd Keiser PhotonicsComm Solutions, Inc	FTTX Concepts and Applications
Chinlon Lin Center for Advanced Research in Photonics, Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China	Broadband Optical Access Networks and Fiber-to-the-Home
Editor Josep Prat	. Next-Generation FTTH Passive Optical Networks
Normas ITU_T (for Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunications Union)	Recomendación G652,G657 y G684 http://www.itu.int/ITU-T/
Paul E. Green, Jr.	FIBER TO THE HOME
Operador Telefonico	BOLETÍN TÉCNICO COLOCACIÓN DEL CIERRE PARA FIBRA ÓPTICA FOSC 350 C CON DIVISORES. (B/03/047/01) Liberado el 01/02/2011. Carlos Rodríguez Ortega.
Operador Telefonico	BOLETIN TÉCNICO PARA LA COLOCACIÓN DE LA TERMINAL ÓPTICA PRECONECTORIZADA OFDC 1:8 DE TYCO. (B/03/048/01) Liberado el 01/02/2011. Juan Manuel González Sanjuán. 55-522-35826.
Operador Telefonico	NORMA DE INGENIERÍA PARA LA RED SECUNDARIA DE FIBRA ÓPTICA. (N/03/034/02). Liberada el 31/01/2011. Francisco Medina Leon. Tel. 55- 522-36033
Operador Telefonico	NORMA DE INGENIERÍA DEL DISTRIBUIDOR DE RED PARA FIBRA ÓPTICA. (N/03/043/01) Liberada el 31/01/2011. Carlos Brambila Chagollán 55-522-35830
Operador Telefonico	NORMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED SECUNDARIA DE FIBRA ÓPTICA AUTOSOPORTADA (FIGURA 8). (N/03/044/01) Liberada el 01/02/2011. Juan Carlos Esparza Garcia y/o Carlos Brambila Chagollán.

Operador Telefonico	BOLETÍN TÉCNICO COLOCACIÓN DE CIERRE PARA FIBRA ÓPTICA FOSC 450 BS CON DIVISORES. (B/03/045/01) Liberado el 31/01/2011. Carlos Rodriguez Ortega. Tel. 55-522-36337
Operador Telefonico	BOLETÍN DE CONSTRUCCIÓN DE TERMINAL ÓPTICA GIKO ONU IP65 PARA PROYECTOS DE FIBRA ÓPTICA A LA CASA (FTTH) (B/03/046/01) Liberado el 31/01/2011. Ricardo Aguirre Duran. Tel .55-5225-36017

Referencias

http://www.google.com.mx/imgres?q=fibra+optica&um=1&hl=es&sa=N&biw=827&bih=630&tbn=isch&tbnid=rIAeQ6_5EecPDM:&imgrefurl=

<http://www.fibraopticahoy.com/microcables-de-fibra-optica-2/&docid=Imiyfe10eGQEBM&imgurl=>

<http://www.fibraopticahoy.com/imagenes/2010/02/Microcables-de-fibra-%2525C3%2525B3ptica.jpg&w=560&h=454&ei=vWVcUOLkEMnpqAGVI4DYDw&zoom=1&iact=hc&vpx=240&vpy=273&dur=283&hovh=202&hovw=249&tx=112&ty=116&sig=107360038517897492812&page=4&tbnh=126&tbnw=156&start=43&ndsp=14&ved=1t:429,r:8,s:43,i:307>

<http://www.google.com.mx/imgres?q=Fibra+Monomodo&um=1&hl=es&sa=N&biw=827&bih=630&tbn=isch&tbnid=KmdjNfN7O7GAmM:&imgrefurl=http:>

http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaciones_de_Fresnel

http://es.wikipedia.org/wiki/Dispersi%C3%B3n_de_Rayleig

<http://itcontenido/talleres/Talleres/PEND/Portal/Planta.ex>