



Resumen - Capítulo II

COMUNICACIONES OPTICAS

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

FISEI - CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

INTEGRANTES:

- Aldaz Saca Fabricio Javier
- Balseca Castro Josué Guillermo
- Chimba Amaya Cristian Orlando
- Ibarra Rojano Gilber Andrés
- León Armijo Jean Carlos
- Sivinta Almachi Jhon Richard
- Telenchana Tenelema Alex Roger
- Toapanta Gualpa Edwin Paul



NIVEL: 8vo SEMESTRE

PROFESOR: Ing. Juan Pablo Pallo

SEPTIEMBRE 2023 – ENERO 2024



Contenido

2.1 Tipos de fibra óptica.....	4
2.2 Perfil del índice	4
2.3 Comparación de los tres tipos de fibras ópticas.....	5
2.3.1 Fibra de índice de escalón de modo sencillo.....	5
2.3.2 FIBRA DE ÍNDICE DE ESCALÓN MULTIMODO.....	6
2.3.3 FIBRA DE ÍNDICE GRADUADO MULTIMODO.....	6
2.4 RECOMENDACIONES DE LA ITU –T PARA FIBRAS ÓPTICAS.....	7
2.5. ERROR DE CONCENTRICIDAD Y NO CIRCULARIDAD	8
2.6. COMPARACIONES TECNICAS DE LAS FIBRAS OPTICAS.....	9
2.7. FIBRAS CON DISPERSIÓN MODIFICADA	9
2.8 FABRICACIÓN DE LAS FIBRAS DE VIDRIO	10
2.8.1. TECNICA DE DEPOSICIÓN DE VAPOR.....	10
2.9. FABRICANTES DE FIBRA ÓPTICA EN EL MUNDO.....	11
2.10. CONSTRUCCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA	12
2.11 TENDIDO DE LA FIBRA ÓPTICA	13
TENDIDO ÁEREO.....	13
Alternativas para el tendido	13
PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN AÉREA.....	14
TENDIDO SUBTERRÁNEO.....	14
TENDIDO MARÍTIMO	15
2.12. EMPALMES Y CONECTORES	16
Tipos de Empalmes	16
Conectores ópticos	16
2.13. CABLES DE FIBRA OPTICA.....	17
2.13.1. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN CABLE.....	17
2.13.2. TIPOS DE CABLES	17
Las fibras se dividen en 2 grandes grupos.....	18
2.14 SELECCIÓN DE CABLE ÓPTICO.....	18
Bibliografía.....	¡Error! Marcador no definido.

Tabla de ilustraciones

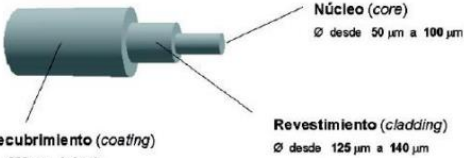
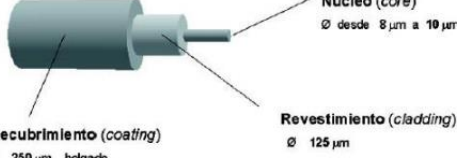
Ilustración 1: Tipos de fibra	4
Ilustración 2: Perfil del índice	5
Ilustración 3: Fibra de índice de escalón de modo sencillo	6
Ilustración 4: Fibra de índice de escalón de modo multimodo	6
Ilustración 5: Fibra de índice graduado	7
Ilustración 6: Recomendaciones de la ITU	8
Ilustración 7: Error de concentricidad	8
Ilustración 8: Comparación de técnicas de las fibras ópticas	9
Ilustración 9: Fibras con dispersión modificada	9
Ilustración 10: Fibras de vidrio	10
Ilustración 11: Deposición de vapor	10
Ilustración 12: Fabricación	11
Ilustración 13 Construcción de la fibra óptica:	13
Ilustración 14: Procedimiento de instalación aérea	14
Ilustración 15 Empalme por Fusión	16
Ilustración 16 Empalme mecánico con gel	16
Ilustración 17 Conector Mecánico	17
Ilustración 18: Proceso selección del cable de fibra óptica	19

Índice de tablas

Tabla 1: Tipo de fibra	4
Tabla 2. Fabricantes de fibra óptica en el mundo	12

2.1 Tipos de fibra óptica

Tabla 1: Tipo de fibra

Tipo de Fibra ópticas	
FIBRAS MULTIMODO	FIBRAS MONOMODO
Estas fibras permiten la propagación de múltiples modos para una misma longitud de onda, lo que implica que un haz de luz sigue trayectorias diversas.	En este tipo de fibra, la propagación se limita a un solo modo, lo que significa que la luz viaja prácticamente en paralelo al eje de la fibra. Esta característica ayuda a evitar retardos o dispersión causados por trayectorias multimodales. El principio es similar al de las fibras anteriores, pero en este caso, el diámetro del núcleo se reduce significativamente, llegando a ser tan solo de 5 a 10 micras.
<p>FIBRA MULTIMODO (MM) Índice refracción revestimiento > Índice refracción núcleo</p>  <p>Núcleo (core) Ø desde 50 µm a 100 µm</p> <p>Revestimiento (cladding) Ø desde 125 µm a 140 µm</p> <p>Recubrimiento (coating) Ø 250 µm holgado 500 µm y 900 µm ajustado</p>	<p>FIBRA MONOMODO (SM) Índice refracción revestimiento > Índice refracción núcleo</p>  <p>Núcleo (core) Ø desde 8 µm a 10 µm</p> <p>Revestimiento (cladding) Ø 125 µm</p> <p>Recubrimiento (coating) Ø 250 µm holgado 500 µm y 900 µm ajustado</p>

Tipos de Fibra Óptica

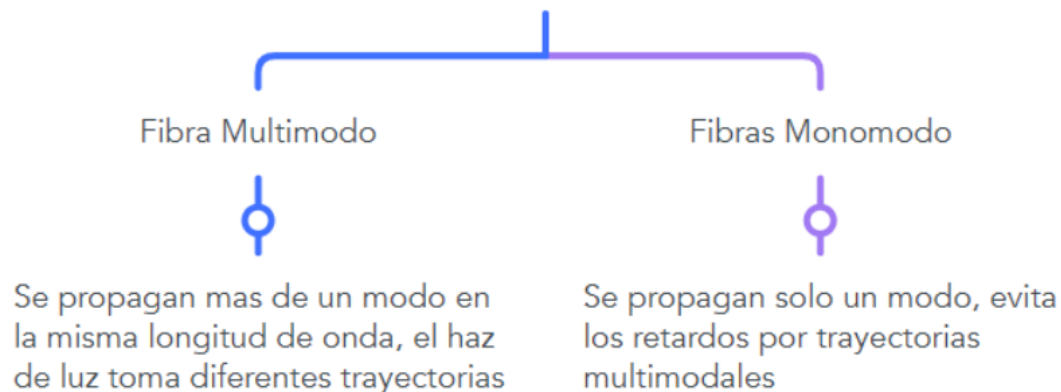


Ilustración 1: Tipos de fibra

Agrawal, G. P., & Govind, A. (2014). *Applications of nonlinear fiber optics* (2nd ed.). Academic Press.

2.2 Perfil del índice

La descripción del perfil del índice en una fibra óptica consiste en una representación visual que muestra los valores del índice refractivo a lo largo de la fibra. El eje horizontal representa el índice refractivo, mientras que en el eje vertical se representa la distancia radial desde el centro del núcleo de la fibra.

Agrawal, G. P., & Govind, A. (2014). *Applications of nonlinear fiber optics* (2nd ed.). Academic Press.

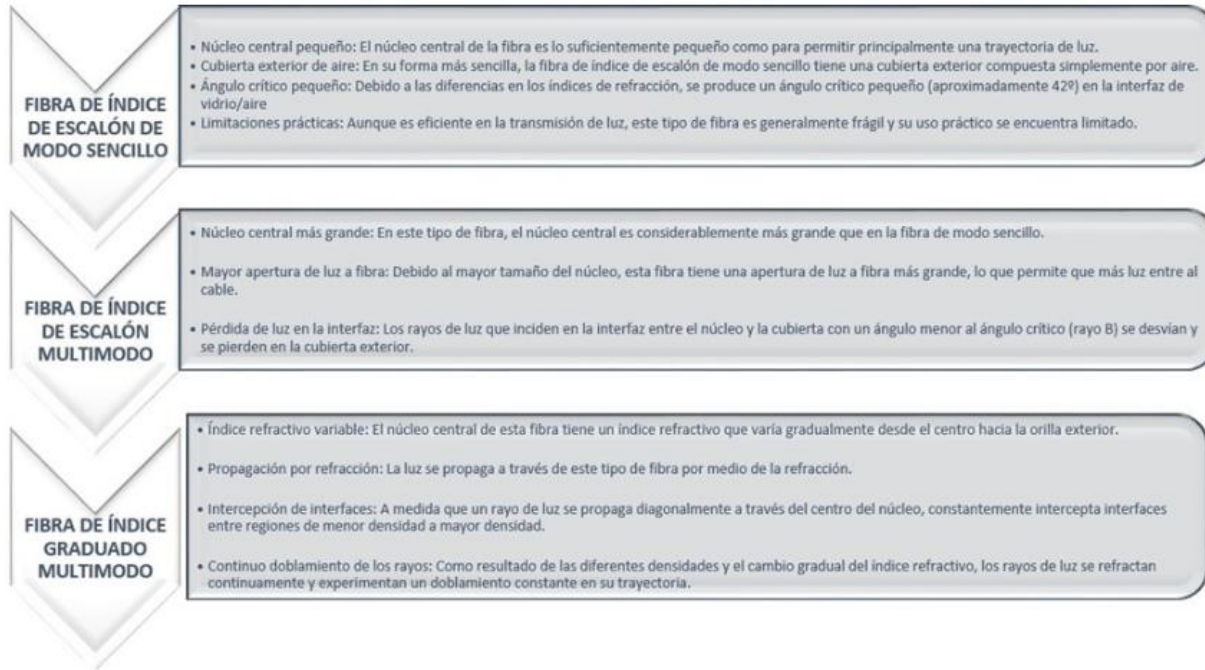


Ilustración 2: Perfil del índice

2.3 Comparación de los tres tipos de fibras ópticas

2.3.1 Fibra de índice de escalón de modo sencillo

Ventajas

- Se puede lograr una dispersión mínima utilizando fibras de índice de escalón de modo sencillo.
- Estas fibras permiten una reproducción altamente precisa de los pulsos transmitidos en el lado de recepción, lo que a su vez posibilita anchos de banda más amplios y velocidades de transmisión de información más altas en comparación con otros tipos de fibras.

Desventajas

- La pequeñez del núcleo central en este tipo de fibra dificulta el acoplamiento de la luz tanto dentro como fuera de ella.
- La apertura de fuente a fibra en este caso es la más reducida en comparación con otros tipos de fibra.
- Debido al diminuto tamaño del núcleo central, se requiere una fuente de luz altamente directiva, como un láser, para acoplar la luz en una fibra de índice de escalón de modo sencillo.

Ilustración 3: Fibra de índice de escalón de modo sencillo

2.3.2 FIBRA DE ÍNDICE DE ESCALÓN MULTIMODO

Ventajas

- Las fibras de índice de escalón multimodo son económicas y simples de producir.
- Es sencillo acoplar la luz tanto dentro como fuera de estas fibras, ya que tienen una apertura de fuente a fibra relativamente amplia.

Desventajas

- Debido a que los rayos de luz siguen diversas trayectorias dentro de la fibra, se producen notables variaciones en los tiempos de propagación, lo que resulta en una mayor distorsión en comparación con otros tipos de fibras.
- Como consecuencia, el ancho de banda disponible y la capacidad de transferencia de información son inferiores a las de otros tipos de fibras.

Ilustración 4: Fibra de índice de escalón de modo multimodo

Agrawal, G. P., & Govind, A. (2014). *Applications of nonlinear fiber optics* (2nd ed.). Academic Press.

2.3.3 FIBRA DE ÍNDICE GRADUADO MULTIMODO

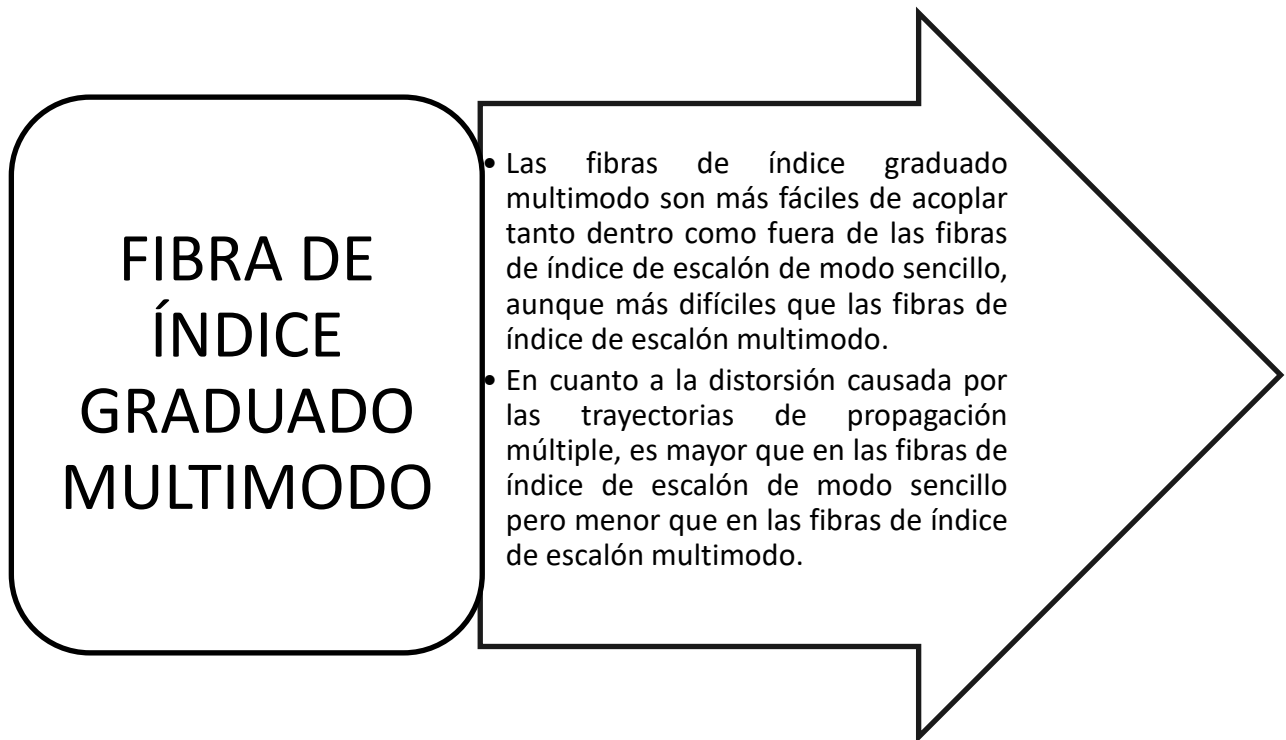


Ilustración 5: Fibra de índice graduado

2.4 RECOMENDACIONES DE LA ITU –T PARA FIBRAS ÓPTICAS.

Fibras Multimodo Rec. G.651.	Fibras Monomodo Rec. G.652
> Fibra multimodo de índice gradual.	> Uso en rangos de longitud de onda de 1300 y 1550 nm.
> Uso en rangos de longitud de onda de 850 y 1310 nm.	> Diámetro del núcleo de 9 a 10 μm $\pm 1\mu\text{m}$ (10%).
> Diámetro del núcleo de 50 μm $\pm 3\mu\text{m}$ (6%).	> Diámetro de la cubierta de 125 μm $\pm 3\mu\text{m}$ (2.4%).
> Diámetro de la cubierta de 125 μm $\pm 3\mu\text{m}$ (2.4%).	> Error de Concentricidad menor a 1 μm
> Error de Concentricidad menor al 6%	> No circularidad del núcleo no especificada por ser normalmente tan baja.
> No circularidad del núcleo menor al 6%	> Apertura numérica no se especifica por ser prácticamente nula.
> No circularidad de la cubierta menor al 6%	> Longitud de onda de zero dispersión alrededor de 1330nm y optimizada para este rango.
> Variación parabólica del índice de refracción.	> Coeficientes de atenuación menores a 1.0 dB/Km a 1330nm y menores a 0.5 dB/Km a 1550nm.
> Rango de apertura numérica de 0.18 a 0.24 con variación del valor nominal no mayor a 0.02.	> Coeficiente de dispersión cromática de 3.5 ps/ns x Km en (1285 a 1330 nm), de 6 en (1270 a 1340 nm y de 20 a 1550 nm.
> Coeficientes de atenuación mejores que 4 dB/Km (2 a 2.5 típico) a 850 nm y 2 dB/Km (0.5 a 0.8 típico) a 1330 nm.	

Ilustración 6: Recomendaciones de la ITU

Agrawal, G. P., & Govind, A. (2014). *Applications of nonlinear fiber optics* (2nd ed.). Academic Press.

2.5. ERROR DE CONCENTRICIDAD Y NO CIRCULARIDAD

El error de concentricidad se refiere a la disparidad entre el centro del núcleo y el centro del revestimiento de la fibra óptica. Por otro lado, el error de no circularidad se aplica tanto al núcleo como al revestimiento y representa la relación entre los diámetros interno y externo de la fibra.

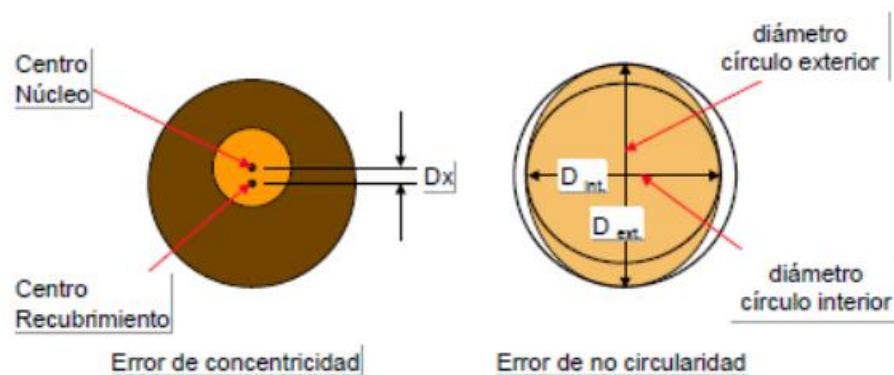


Ilustración 7: Error de concentricidad

2.6. COMPARACIONES TÉCNICAS DE LAS FIBRAS OPTICAS

Parámetro	Fibra Monomodo	Fibra Multimodo de Índice Gradual	Fibra Multimodo de Índice Escalonado
Dimensiones del Núcleo (μm)	Menos de 10	50 a 100	50 a 100
Diámetro del Núcleo (μm)	Pequeño	Mayor que monomodo	Mayor que monomodo
Ancho del Modo (NA)	Baja (0.1 a 0.3)	Media (0.2 a 0.5)	Alta (0.2 a 0.5)
Dispersión Modal	Baja	Media	Alta
Dispersión Cromática	Baja	Media	Alta
Dispersión de Modo de Polarización (PMD)	Muy baja	Media	Media
Atenuación (dB/km)	Menor (0.2 a 0.3)	Mayor que monomodo (2 a 3)	Mayor que monomodo (2 a 3)
Distancia de Transmisión	Larga	Corta a Media	Corta a Media
Costo Relativo	Más alto	Más bajo	Intermedio

Ilustración 8: Comparación de técnicas de las fibras ópticas

2.7. FIBRAS CON DISPERSIÓN MODIFICADA

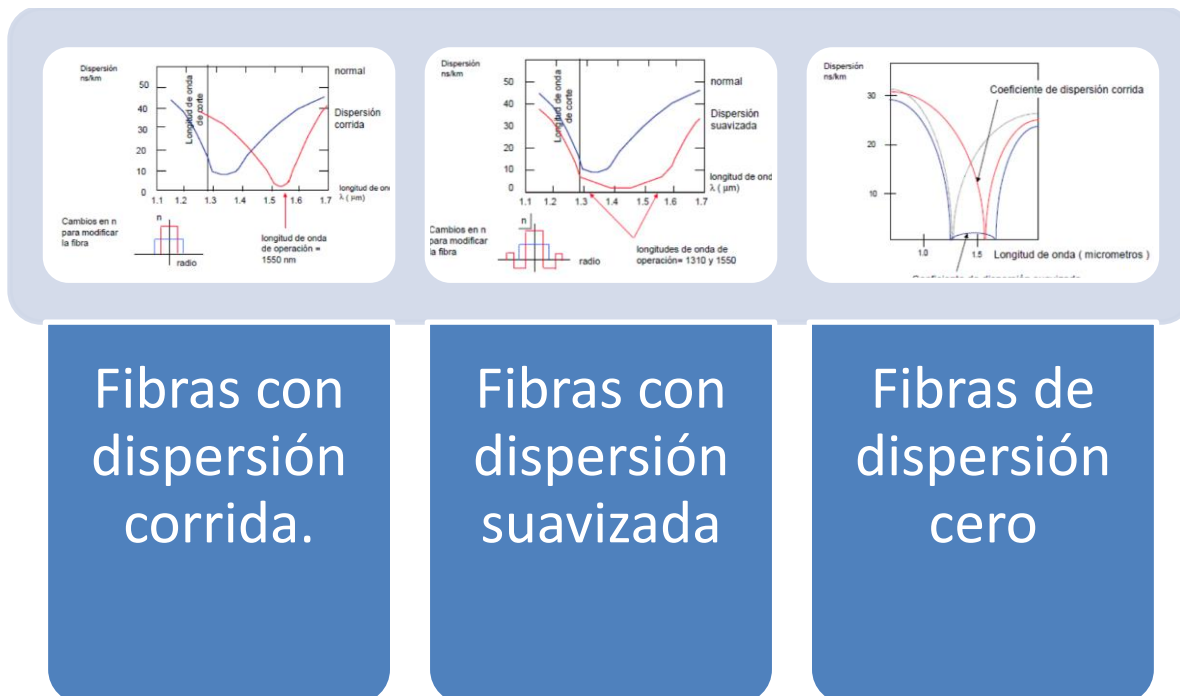


Ilustración 9: Fibras con dispersión modificada

2.8 FABRICACIÓN DE LAS FIBRAS DE VIDRIO

Etapas principales

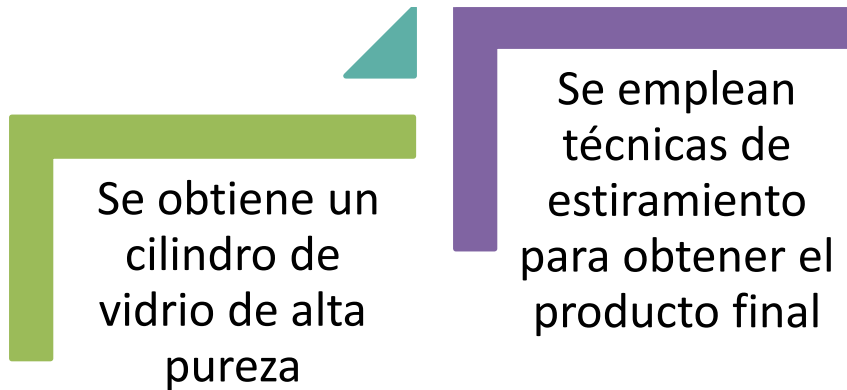


Ilustración 10: Fibras de vidrio

2.8.1. TECNICA DE DEPOSICIÓN DE VAPOR

TECNICA DE DEPOSICIÓN DE VAPOR

- Las técnicas mencionadas comparten similitudes, diferenciándose únicamente en la forma en que se aplican los vapores dopantes.
- En todas estas técnicas de fabricación, el proceso se fundamenta en el dopado de un tubo de vidrio puro.
- Al dopar tanto las partes internas como externas del tubo, se logran alteraciones en los índices de refracción.
- Posteriormente, los tubos son transformados en cilindros y se estiran hasta alcanzar diámetros en el rango de las micras.
- Finalmente, las fibras resultantes se comercializan como productos finales.

Ilustración 11: Deposición de vapor

EJEMPLO DE FABRICACION

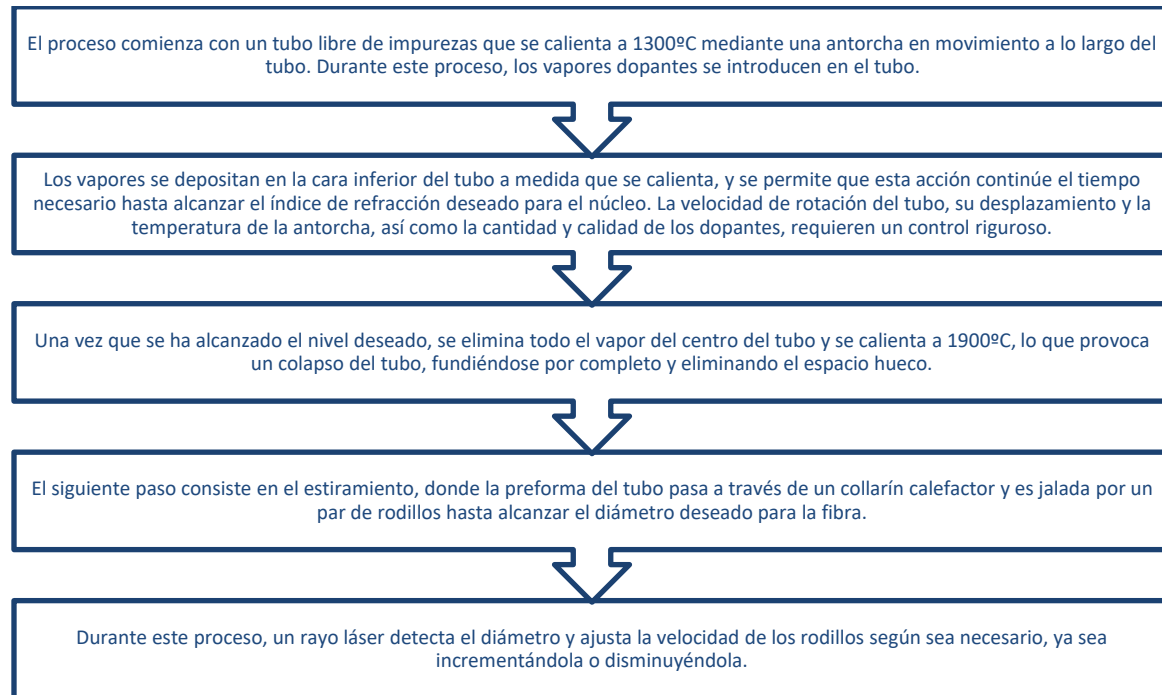


Ilustración 12: Fabricación

2.9. FABRICANTES DE FIBRA ÓPTICA EN EL MUNDO.

Clasificación según su composición



Fibras de silicio, Fibras de vidrios poli
componentes



Fibras con revestimiento de plástico



Fibras de plástico.

Tabla 2. Fabricantes de fibra óptica en el mundo

PRODUCTO/SERVICIO		PAIS
ALCATEL	Equipamiento para redes de telefonía fija y móvil y redes de datos.	Francia
LUCENT	Fue fundada en 2006 Proveedores-Fabricantes	Francia
ROCKWELL	Fue fundada en 1903 Tienen un amplio despliegue de Ethernet en el área de planta externa.	EEUU
O CORNING	Fue fundada en 1851 Primero en utilizar mediciones RML	EEUU
ARMTEX FIBRE	Fue fundada en 1979 Fabricación de laminados Tejidos técnicos para la industria de los compuestos de fibra óptica	CANADA
SCHOOT FIBRE OPTICS	Empresa tecnológica y servicios de información Manufacturación de la fibra óptica	REINO UNIDO
XERXES CORPORATION	Líder de la industria en el diseño, fabricación y venta de alta calidad de tanques de almacenamiento de fibra de vidrio y rentables para el petróleo.	MINEAPOLIS
GLASS FIBER REINFORCED	Esta empresa es líder en la fabricación de fibra de vidrio reforzando con plásticos especializados.	EEUU
PPG INDUSTRIES	Está relacionada con productos ópticos y materiales especializados.	CHINA EUROPA EEUU
HASTING FIBER GLASS PRODUCTS INC	Ofrecen todo tipo de herramientas relacionado a la fibra óptica	EEUU
ARGLASS	Ofrece la fibra de vidrio AR en el más alto contenido de óxido de circonio disponible.	EEUU
VETROTEX	Produce materiales de fibra de vidrio textiles para su utilización es muy diversas aplicaciones	EEUU
NIPPON SHEET GLASS	Empresa de vidrio más grande del mundo fundada en 1918.	JAPON
NORTH SPEACILITY FIBER.INC	Distribuidor basado en materiales de fibra de vidrio.	EEUU

2.10. CONSTRUCCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

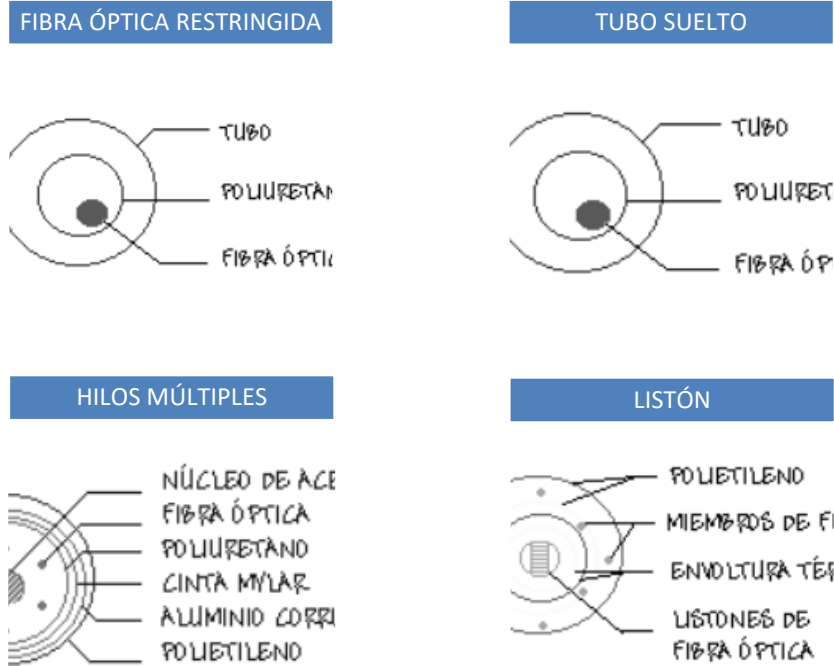
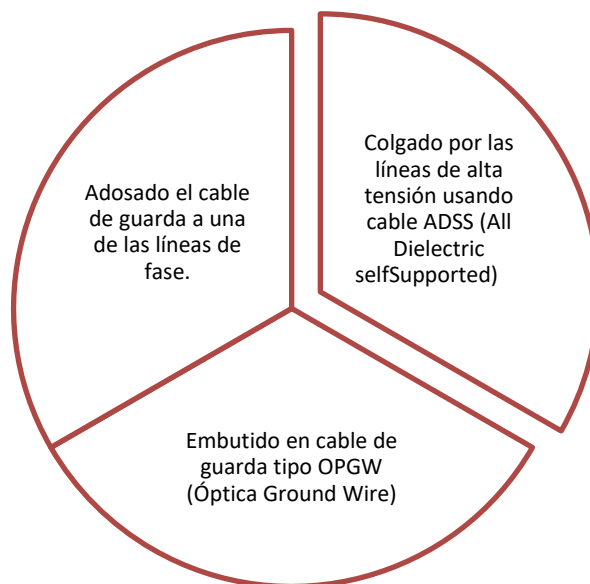


Ilustración 13 Construcción de la fibra óptica:

2.11 TENDIDO DE LA FIBRA ÓPTICA

TENDIDO ÁEREO

Alternativas para el tendido



PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN AÉREA

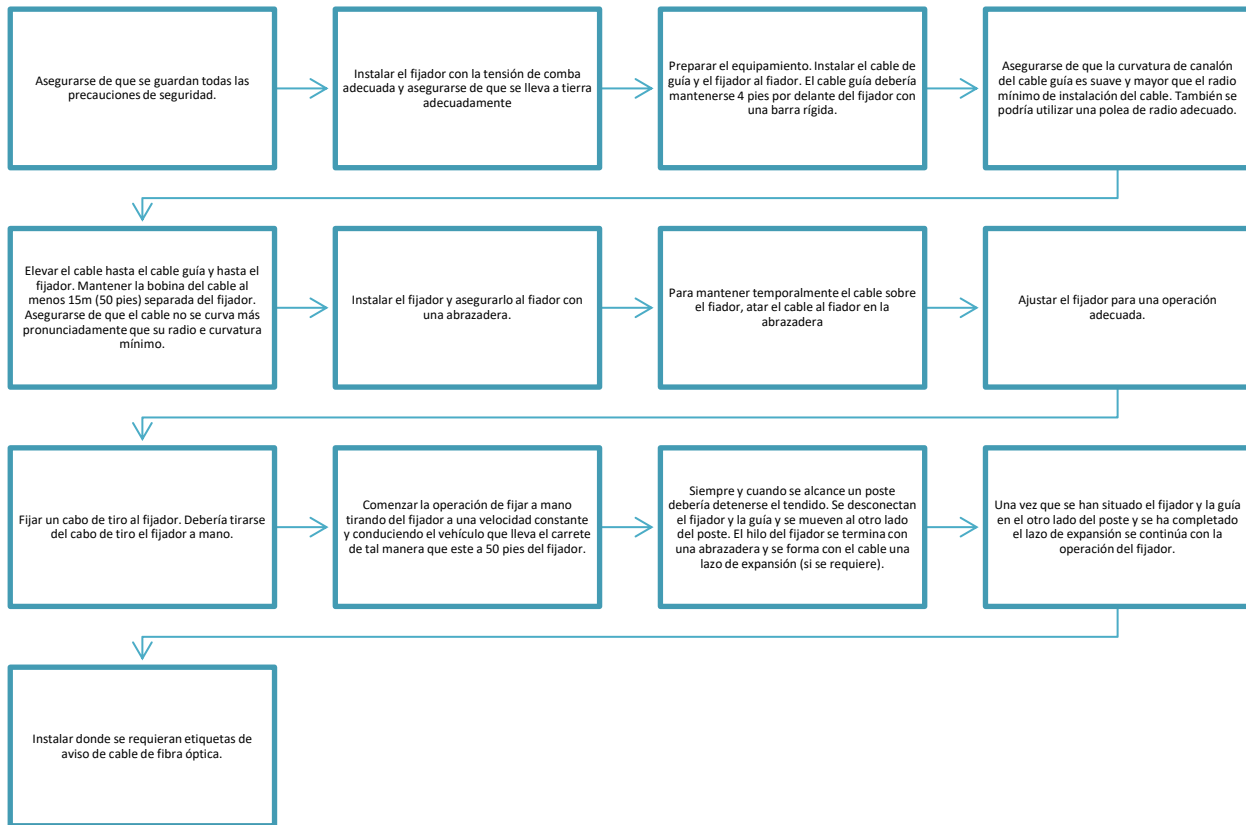
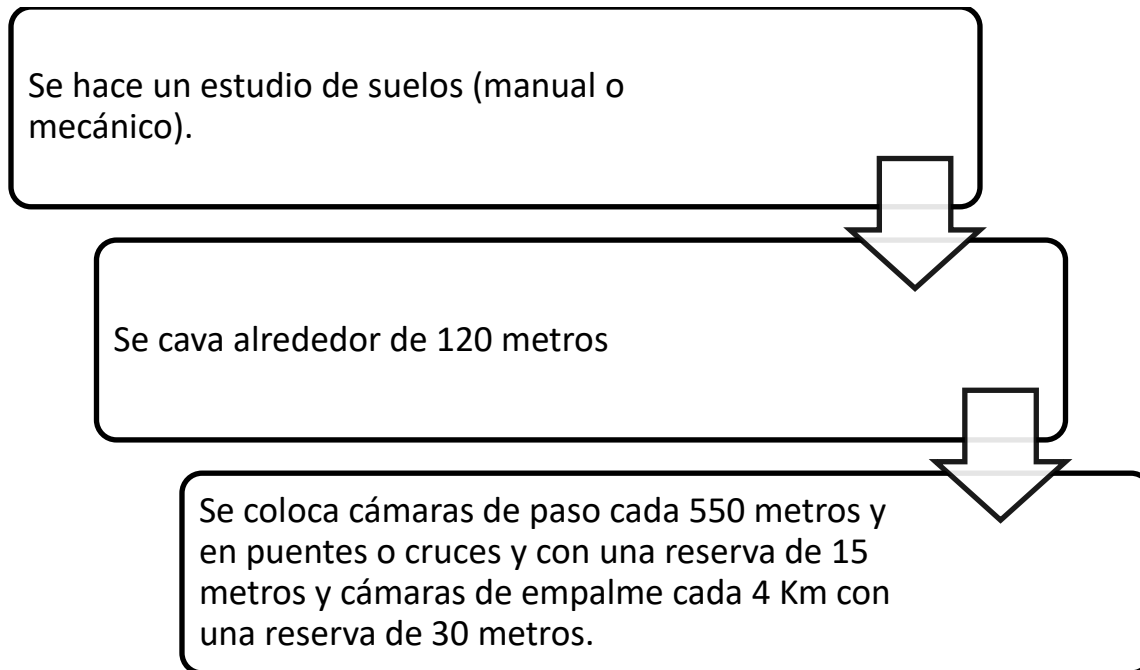
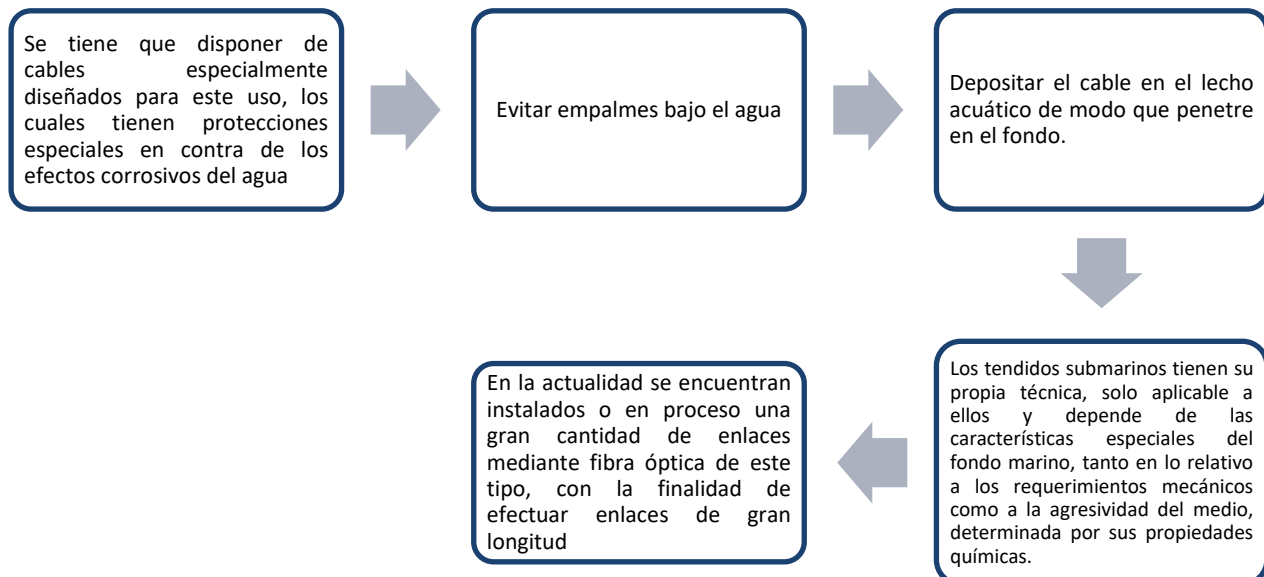


Ilustración 14: Procedimiento de instalación aérea

TENDIDO SUBTERRÁNEO



TENDIDO MARÍTIMO



2.12. EMPALMES Y CONECTORES

Tipos de Empalmes

EMPALMES DE FUSIÓN

- El proceso de empalme por fusión se lleva a cabo al colocar los extremos de dos fibras juntas y alineadas. Estas fibras se calientan y se funden mediante un arco que genera una temperatura muy alta, del orden de los 2000 grados centígrados, durante un breve periodo de tiempo, generalmente de 2 a 3 segundos.
- Los operadores de empalmadores deben verificar la calidad del empalme utilizando instrumentos que permiten verificar el alineamiento, así como el corte y pulido de los extremos de las fibras. De esta manera, se asegura un empalme por fusión de alta calidad.

EMPALMES MECÁNICOS

- Para unir los extremos de las dos fibras, se utilizan métodos como una abrazadera o pegamento dentro de una estructura. Sin embargo, en el caso de fibras monomodo, que tienen una menor tolerancia al espaciamiento entre las fibras, se requiere un mecanismo más preciso y costoso.
- En general, los empalmes mecánicos requieren una inversión menor en comparación con los empalmes por fusión. Por lo tanto, en empresas que no tienen una alta demanda de empalmes que justifique la inversión en equipos de fusión, se utilizan principalmente los empalmes mecánicos. Aunque los empalmes mecánicos pueden presentar una mayor pérdida en comparación con los empalmes por fusión, esta diferencia no es tan significativa en distancias cortas.

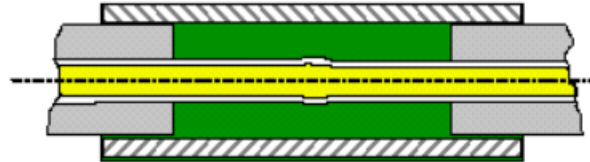


Ilustración 15 Empalme por Fusión

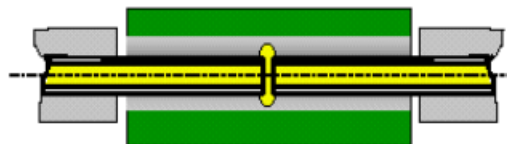


Ilustración 16 Empalme mecánico con gel

Conectores ópticos

CONECTORES

- Los conectores de fibra óptica son utilizados como conexiones temporales entre fibras ópticas. Estos sistemas requieren una alta precisión para evitar la atenuación de la luz. El término "conector" es especialmente relevante, ya que permite la conexión y desconexión repetida con otros elementos similares para transferir luz entre dos terminales de fibra, entre el terminal de una fibra y un transmisor o receptor. Los conectores se montan en terminales de cable o dispositivos ópticos.

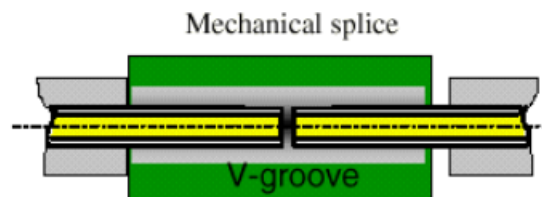
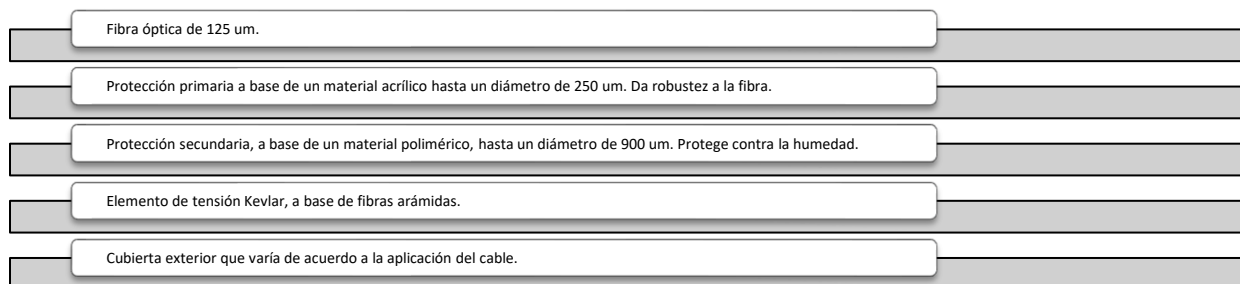


Ilustración 17 Conector Mecánico

2.13. CABLES DE FIBRA OPTICA

La principal función de los cables ópticos es proporcionar robustez a las fibras ópticas para facilitar su manejo. Estos cables pueden constar de una sola fibra o múltiples fibras, y su estructura varía según la aplicación requerida. Aunque no existen estándares específicos para cada tipo de cable óptico, en cada aplicación suele haber consenso sobre el tipo de cable a elegir. Sin embargo, la estructura general de cada cable óptico está ampliamente aceptada y utilizada.

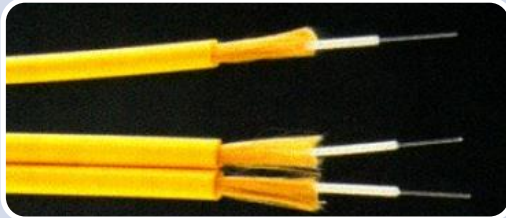
2.13.1. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN CABLE



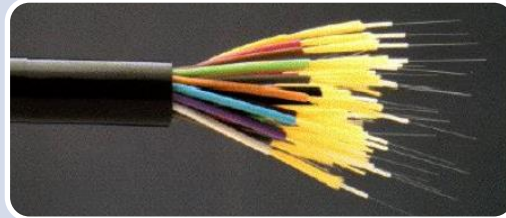
2.13.2. TIPOS DE CABLES



Las fibras se dividen en 2 grandes grupos



MONOFIBRA: Denominados Pigtaills para conexiones internas, o en unidades de parcheo. Simplex o dúplex, si son de 1 o fibras. Con recubrimiento normal o para altas temperaturas.



MULTIFIBRA: Aplicaciones en redes LAN como Backbones. Cada fibra se denomina subcable. Se tiene un elemento de tracción central para todo el cable. De 2 a 156 fibras. Recubrimiento exterior que también varía según la aplicación.

Hecht, F., & Hecht, J. (2005). Beam: The race to make the laser. Oxford University Press.

2.14 SELECCIÓN DE CABLE ÓPTICO

SELECCIÓN DE CABLE ÓPTICO

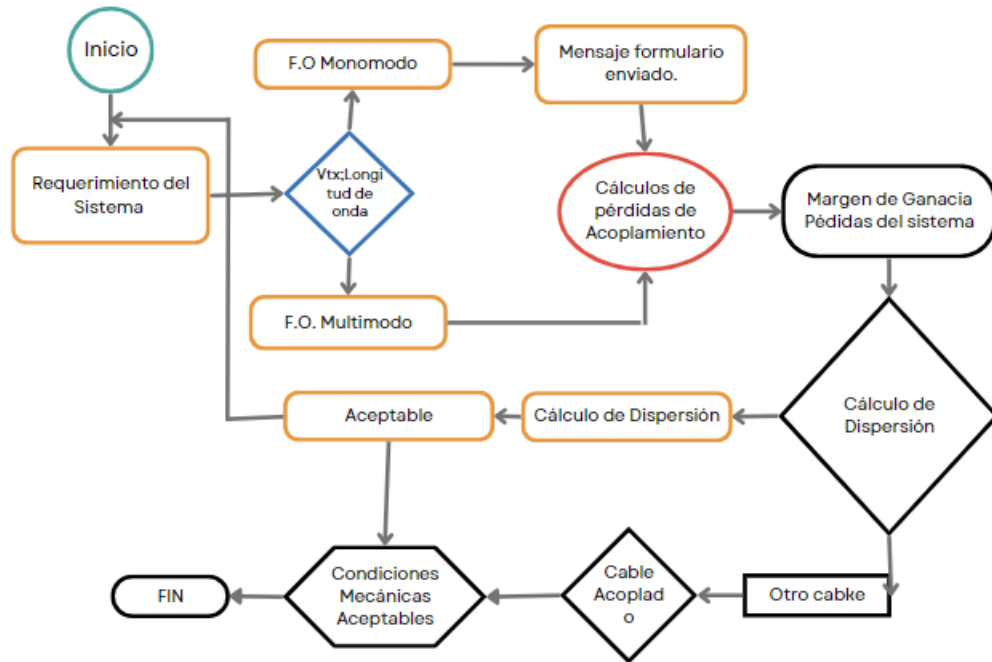


Ilustración 18: Proceso selección del cable de fibra óptica

Hecht, F., & Hecht, J. (2005). *Beam: The race to make the laser*. Oxford University Press.

1. Espana Boquera, M. C. (2005). *Comunicaciones opticas*. Diaz de Santos.
2. Hecht, F., & Hecht, J. (1999). *City of light: The story of fiber optics. The Sloan technology series*. Oxford University Press.
3. Hecht, F., & Hecht, J. (2005). *Beam: The race to make the laser*. Oxford University Press.

