

# La fibra óptica como medio para el desarrollo de las telecomunicaciones en Ecuador.

## *Fiber optics as a means for the development of telecommunications in Ecuador.*

Mgs. Albert Joao Nieto Pacheco <sup>1\*</sup>, Mgs. Ronny Pedro Carriel Sevillano <sup>2</sup>

1\* Master Universitario en Industria 4.0. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Email: [albert.nietop@ug.edu.ec](mailto:albert.nietop@ug.edu.ec) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5296-5574>

2. Magister en Gestión de Proyectos. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Email: [ronny.carriels@ug.edu.ec](mailto:ronny.carriels@ug.edu.ec) Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2484-1325>

Correspondencia: [albert.nietop@ug.edu.ec](mailto:albert.nietop@ug.edu.ec)

Recibido: 13/Agosto/2020

Aceptado: 12/Septiembre/2020

Publicado: 30/Octubre/2020

**Resumen:** Las telecomunicaciones juegan un rol muy importante en el desarrollo de los pueblos pues impactan todas las esferas de la sociedad: educación, trabajo, salud, entretenimiento entre otros. Los medios que utilizan las telecomunicaciones pueden ser no físicos como la atmosfera o físicos como los cables de cobre, coaxiales o la fibra óptica, que por su gran capacidad de transmisión (ancho de banda) es el medio llamado a dominar en las comunicaciones, es un fino hilo de vidrio o plástico que tiene una muy baja perdida de potencia aun a grandes distancias de transmisión. Hoy en día se sigue investigando en la construcción de nuevas fibras ópticas que garanticen el crecimiento a futuro. El objetivo general de esta investigación es analizar a la fibra óptica como medio para el desarrollo de las telecomunicaciones en Ecuador. La metodología utilizada se basó en una investigación no experimental, documental y descriptiva no exploratoria. Los resultados que se obtuvieron fueron que la fibra óptica es el medio óptimo para la transmisión de señales de comunicación y como conclusión se determinó que la fibra óptica es el medio adecuado para el desarrollo de las telecomunicaciones en Ecuador.

**Palabras Clave:** Fibra óptica, desarrollo, medios de transmisión, telecomunicaciones.

**Abstract:** Telecommunications play a very important role in the development of peoples as they impact all spheres of society: education, work, health, entertainment, among others. The means used by telecommunications can be non-physical such as the atmosphere or physical such as copper, coaxial or fiber optic cables, which due to their great transmission capacity (bandwidth) is the medium called to dominate in communications, it is a fine glass or plastic thread that has a very low power loss even at long transmission distances. Today, research continues in the construction of new optical fibers that guarantee future growth. The general objective of this research is to analyze fiber optics as a means for the development of telecommunications in Ecuador. The methodology used was based on a non-experimental, documentary and descriptive non-exploratory research. The results obtained were that fiber optics is the optimal medium for the transmission of communication signals and in conclusion it was determined that fiber optics is the appropriate medium for the development of telecommunications in Ecuador.

**Keywords:** Fiber optics, development, transmission media, telecommunications.

## INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos el hombre se ha comunicado con sus semejantes, por medio de señas, señales, escritura, u oralmente, la distancia física no fue impedimento para que el hombre pudiera comunicarse, los mensajes a través de palomas mensajeras, el uso de correos a pie o a caballo en fin siempre tuvo a su disposición un medio para comunicarse. Hoy día con la llegada de otros recursos como la electricidad, los satélites, las tecnologías inalámbricas, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), las computadoras, los teléfonos inteligentes se habla comúnmente de las telecomunicaciones casi sin notar el enorme avance que las sociedades han logrado en todos los aspectos de la vida por intermedio de ellas. Al igual que en el principio las telecomunicaciones se basan en un emisor, un receptor y por supuesto un mensaje que se transmite a través de un medio que puede ser unos alambres de cobre, cables fibra óptica o a través de la atmosfera.

La Universidad Galileo (2022) menciona la definición de telecomunicación según la Unión Internacional de Telecomunicaciones define a la Telecomunicación como: “Toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos”.

De esta manera, los servicios de telecomunicaciones han evolucionado de forma que se han convertido en una herramienta de apoyo para cualquier tipo de empresa, negocio o personas y en algunos casos es parte vital de sus operaciones. (Valle, 2021).

Se tienen tres principales ramas de servicios de telecomunicaciones utilizados:

- Servicios de voz.
- Servicios de datos.
- Servicios de televisión.

Con los servicios de voz fue que empezó toda esta vorágine de adelantos tecnológicos las líneas telefónicas fueron el primer gran servicio masificado gestionado directamente por el usuario fueron las primeras redes de comunicación que se trazaron por las ciudades y pueblos. Una instalación telefónica consiste de un par de cables de cobre que la compañía telefónica instala en el hogar. Pero ocurrió que estos cables tenían suficiente ancho de banda para transportar data en adición de conversaciones de voz, y dado que las conversaciones de voz consumen sólo una pequeña porción de la capacidad disponible de los cables, entonces entraron en juego modos de transmisión que podían explotar esta capacidad restante para transportar información, sin deshabilitar la capacidad de transportar las conversaciones según Sigüencia y Villacreses citadas por (Ramos, 2019).

Actualmente, para empresas se está presentando la opción de troncales de múltiples líneas sobre redes de datos IP. En este caso no se tienen limitantes establecidas para la cantidad de llamadas simultáneas, puede ir desde unas pocas unidades hasta miles, dependiendo de la capacidad de la planta. Aunque para los casos donde se tienen pocas llamadas y relativamente poco ancho de banda, se puede utilizar un acceso por cobre; la tendencia de parte de los operadores es utilizar fibra óptica como medio de acceso (Valle, 2021).

En cuanto a los servicios de datos, se menciona que, tienen el mayor crecimiento en el mercado mundial de las telecomunicaciones, debido a que cualquier aplicación tecnológica depende de la conexión de redes e internet. Aunque el objetivo común de las tecnologías de redes es el transporte de datos en alto nivel, existen diversas tecnologías que se han desarrollado para aprovechar las redes desplegadas, para ampliar su capacidad de transporte de datos y la distancia en los cuales pueden llevarse.

Las redes de datos basan su funcionamiento en el protocolo de comunicación IP, el cual puede mover los datos de varias formas y a varios lugares. (Valle, 2021) La ventaja que representa la tecnología IP es que puede utilizar redes ya desplegadas con ciertas limitantes, pero, aun así, funcionar de forma correcta e igualmente utilizar redes de última tecnología las cuales han sido desarrolladas para maximizar el ancho de banda, distancia de transmisión y seguridad; adicionalmente la transición en este tipo de redes es prácticamente transparente y sin necesidad de hacer ajustes complicados entre estas

En referencia al servicio de televisión Valle (2021) menciona que, tiene como fin principal la entretención o recreación, a través de la programación emitida en los distintos canales. La televisión por cable nace de la necesidad de ampliar la capacidad de canales y la diversidad del contenido de estos, sin necesidad de transmitirlos por el espectro radio eléctrico en el cual únicamente se transmiten canales de televisión abierta.

Otro modo de empleo de transmisión de televisión es el satelital, la cual requiere de equipos más complejos para garantizar la recepción adecuada y ofrece el servicio casi a cualquier lugar. La televisión también está en proceso de tratarse como una red de datos, de esta forma tener un contenido totalmente interactivo en ambas vías y depender del internet, aunque hay varios ejemplos de servicios de streaming sobre internet que se utilizan en la actualidad, en varios países ya es una total realidad la televisión IPTV.

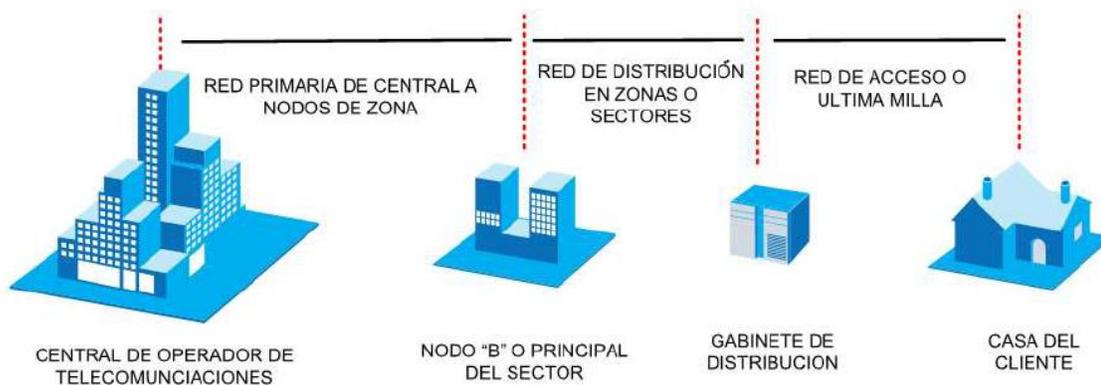
Los elementos de un sistema de comunicación son transmisor, canal de transmisión, receptor, el transmisor realiza la adaptación entre la señal mensaje de entrada y el canal, el canal de transmisión es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, puede ser un par de conductores, un cable coaxial, una onda de radio o una fibra óptica, sin importar el tipo, todos los medios se caracterizan por la atenuación, y la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia (Ramos, 2019).

El receptor, extrae del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuencias muy débiles, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, con lo cual vuelve la señal a su forma original, Oviedo citado por (Ramos, 2019).

En la Figura 1 se tiene la estructura de una red de telecomunicaciones de un operador que se despliega para poder dar una amplia cobertura y garantizar que los puntos críticos puedan tener continuidad de servicios, aun cuando algún componente falle. Este diagrama ejemplifica de forma genérica la estructura de una red de operador de servicios de telecomunicaciones y puede usarse, para servicios de voz, datos e incluso televisión.

**Figura1.**

*Diagrama esquemático de una red de telecomunicaciones.*



**Fuente** (Valle, 2021)

La transmisión de datos se inicia desde la central, donde se concentran todas las señales provenientes del exterior y se distribuyen a la red para poder ofrecer servicios. La primera conexión a los Nodos “B” típicamente es de alta capacidad y con esquemas de redundancia en ubicaciones y rutas de comunicación.

La topología típica desde la central a la red principal es el anillo, el cual se involucran varios nodos, e incluso dos centrales, el fallo en un nodo o el corte de una ruta de transmisión afecta únicamente el nodo y no el resto de la red por lo cual se garantiza continuidad de operación en la mayoría de los servicios que dependen de esta red. Esta red principal puede contar con variantes de anillos de área metropolitanas o geográficamente dispersos para cubrir grandes regiones como un estado o un país. (Valle, 2021)

La red de distribución en zonas o sectores es de mediana capacidad y acerca los servicios de la red principal hacia los usuarios finales, en esta parte de la red, se puede tener la capacidad de

conectar servicios masivos y concentrarlos para transmitir hacia la red principal, típicamente para abarcar más área y tener una mayor capilaridad para alcanzar clientes se colocan gabinetes de distribución en diferentes puntos, estos pueden tener componentes activos o pasivos que se encargan de ser el último punto de conexión de la red del operador hacia el cliente. (Valles, 2021).

El tramo de conexión desde el último nodo o gabinete de distribución del operador hacia la casa del cliente se conoce como última milla, el medio de transmisión utilizado en la última milla es también conocido como medio de acceso, dejando fuera los medios radios eléctricos o inalámbricos se tienen tres principales medios de transmisión:

- Pares de cobre trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica

Esta investigación tiene como objetivo general analizar a la fibra óptica como medio para el desarrollo de las telecomunicaciones en Ecuador. La metodología utilizada se basó en un diseño bibliográfico de tipo documental.

## METODO

Esta Investigación se realizó basándose en un diseño bibliográfico de tipo documental. El trabajo se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos. Palella y Martins (2010) La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas fuentes, con el objeto de organizarla describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de los resultados Palella y Martins (2010). Para lograr este propósito se utilizaron herramientas como textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web.

Los objetivos de esta investigación se basaron en mostrar el concepto de las telecomunicaciones, analizar la importancia de las telecomunicaciones en el desarrollo económico del país, describir la fibra óptica y su uso en las telecomunicaciones, establecer la importancia del uso de la fibra óptica en las telecomunicaciones, comparar la fibra óptica con otros medios de transmisión utilizados en las telecomunicaciones.

## RESULTADO

### Descripción de los principales medios de transmisión

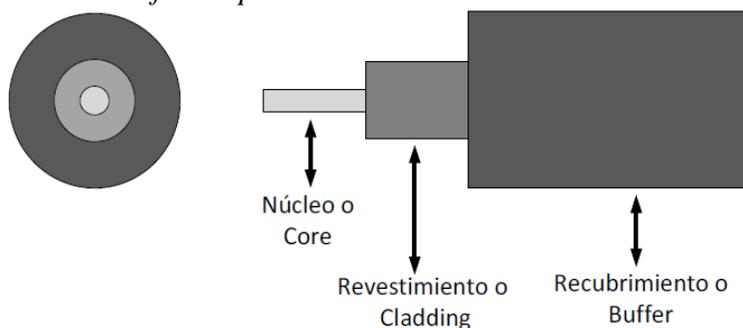
El cable coaxial, tiene una conducción concéntrica, con un conductor principal central y el segundo conductor es un forro separado por aislante. Esta construcción permite que el conducto interno sea utilizado como canal de transmisión y el conductor exterior como referencia o tierra, de la señal transportada. Este diseño permite una mejor protección contra el ruido por lo tanto permite transmisión de mayor ancho de banda. (Valle, 2021)

Se utiliza en las señales de televisión, dependiendo de la aplicación puede utilizarse conductores de cobre, acero o aluminio para su construcción. Al igual que los pares de cobre puede sufrir interferencia por inducciones eléctricas o de otras fuentes de energía como descargas electro atmosféricas. También sufre atenuación de transmisión por la distancia, lo cual limita la distancia de los puntos de comunicación y el ancho de banda que puede transmitirse a través de esta distancia.

En referencia a la fibra óptica, Ramos (2019), menciona que es un medio guiado para transmitir información en forma de luz (visible o infrarroja), muy utilizada en la actualidad por las ventajas que ofrece en relación a otros medios como: el par trenzado, cable coaxial, aire, etc. Las ventanas típicas en las que opera la fibra óptica son los 850, 1310 y 1550 nm de longitud de onda correspondiente a la luz infrarroja, sin que esto signifique que en la fibra óptica no opere la luz visible, la cual, tendrá una mayor atenuación que el infrarrojo.

En el transmisor se necesita un convertor electro-óptico para pasar señales eléctricas a señales luminosas, mientras que en el receptor se necesitará un convertor óptico-eléctrico que transforma las señales ópticas a eléctricas según Prieto citado por (Ramos, 2019). En la Figura 2 se aprecia un esquema de la constitución de un cable de fibra óptica.

**Figura 2.**  
*Cable de fibra óptica.*



**Fuente:** (Valle, 2021)

La fibra óptica es muy frágil, por lo que requiere varios recubrimientos para que pueda utilizarse en escenarios prácticos. Ahora se describe los tres partes de un cable de fibra óptica que puede utilizarse en la práctica.

El núcleo, que transporta la luz es la parte más pequeña de la fibra óptica, el núcleo de la fibra óptica generalmente está hecho de vidrio, aunque algunos están hechos de plástico, el vidrio utilizado en el núcleo es dióxido de silicio extremadamente puro, y en el proceso de fabricación, se utilizan dopantes como germanio, pentóxido de fósforo o aluminio para elevar el índice de refracción en condiciones controladas. Los núcleos de fibra óptica se fabrican en diferentes diámetros para diferentes aplicaciones, los núcleos de vidrio típicos van desde tan pequeños como 3,7 micrómetros hasta 200 micrómetros, los tamaños de núcleo comúnmente utilizados en telecomunicaciones son 9  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  y 62,5  $\mu\text{m}$ , en este sentido, los núcleos de fibra óptica de plástico pueden ser mucho más grandes que el vidrio. (Valle, 2021).

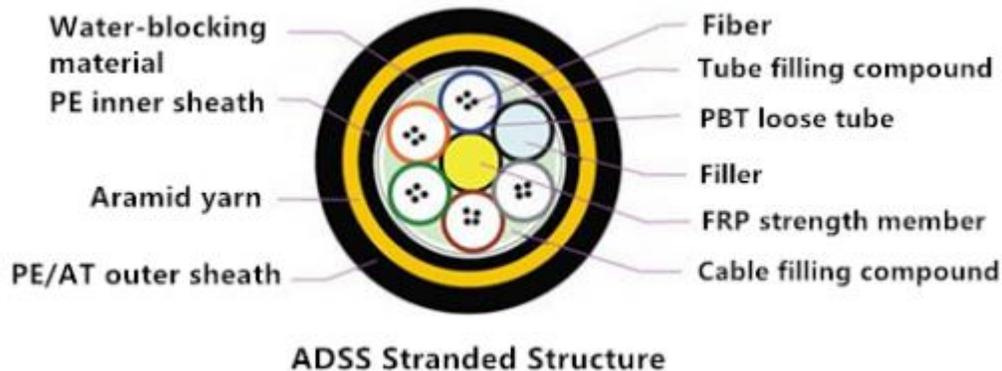
El revestimiento, también se le conoce por cladding, rodea el núcleo y proporciona el índice de refracción más bajo para hacer que la fibra óptica funcione, y cuando se utiliza el revestimiento de vidrio, el revestimiento y el núcleo se fabrican juntos a partir del mismo material a base de dióxido de silicio en un estado de fusión permanente, el proceso de fabricación agrega diferentes cantidades de dopantes al núcleo y al revestimiento para mantener una diferencia en los índices de refracción entre ellos. (Valle, 2021)

El recubrimiento es la capa protectora de la fibra óptica, es también conocido como, buffer, el cual, absorbe los golpes, muescas, raspaduras e incluso la humedad que podría dañar el revestimiento (Ramos, 2019). Sin el recubrimiento, la fibra óptica es muy frágil, pues un solo corte microscópico en el revestimiento podría causar que la fibra óptica se rompa cuando se dobla, por lo tanto, el recubrimiento es esencial para todas las fibras de vidrio. De la misma manera, la chaqueta o forro según la aplicación para la cual se requiera el cable de fibra óptica se aplican varias chaquetas que fortalecen el cable para dar resistencia a la tracción, al aplastamiento, temperatura y humedad. Esta chaqueta puede contener varios hilos de fibra óptica agrupados en un solo cable y es diseñado para diferentes usos, por ejemplo, exteriores a la intemperie, o interiores el cual debe ser no inflamable.

En la Figura 3 se muestra un cable que contiene varios hilos de fibra óptica y con una chaqueta diseñada para intemperie, ya que resiste los rayos ultravioletas y la humedad.

**Figura 3.**

*Cable de varias fibras ópticas de uso exterior.*



**Fuente:** (FOCC, 2020)

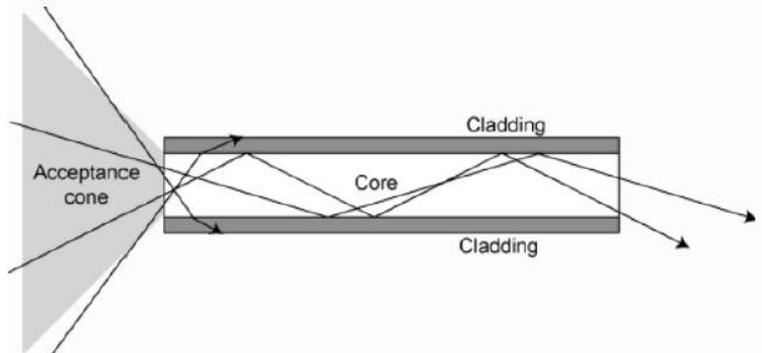
Por sus características hacen que la atenuación por la distancia sea muy baja permitiendo el envío de señales a muy grandes distancias, superiores a cualquier medio de cobre, y debido a su complejo proceso de fabricación, a las herramientas y mano de obra especializadas para su instalación hacen que el costo sea más elevado, no obstante, la posibilidad de dar más servicios y con un mayor ancho de banda y si se hace correctamente su instalación, a largo plazo el mantenimiento es mínimo, siendo entonces muy superior la fibra óptica como el medio de transmisión por excelencia en el presente.

Un rayo de luz o en general una onda electromagnética se refracta cuando pasa de un material a otro, más concretamente cuando se propaga desde un material con cierta densidad a otro con distinta densidad. La refracción implica que una onda cambie de velocidad y dirección en el límite de los dos materiales, en este sentido, para que exista refracción la onda incidente debe llegar en forma oblicua a la superficie de separación de los dos medios según González y Vega citado por (Ramos, 2019)

Cuando la luz que viaja en un medio ópticamente denso llega a un límite en un ángulo pronunciado o mayor que el ángulo crítico del límite, la luz se refleja por completo, a esto se le llama reflexión interna total. Este efecto se usa en fibras ópticas para confinar la luz en el núcleo. La luz viaja a través del núcleo de la fibra, rebotando hacia adelante y hacia atrás fuera del límite entre el núcleo y el revestimiento, Toala (2019) esto se debe a que, la luz debe alcanzar el límite con un ángulo mayor que el ángulo crítico, solo la luz que ingresa a la fibra dentro de un cierto rango de ángulos puede viajar por la fibra sin desviarse, este rango de ángulos se llama cono de aceptación de la fibra, y el tamaño de este cono de aceptación es una función de la diferencia de índice de refracción entre el núcleo de la fibra y el revestimiento. En la Figura 4 se muestra como dos haces de luz ingresan en un ángulo comprendido dentro del cono de aceptación y por lo tanto viaja por el núcleo de la fibra óptica, así mismo muestra como dos haces ingresan fuera de los ángulos permitidos por el cono por lo tanto son absorbidos por el recubrimiento. (Valle, 2021)

**Figura 4.**

*Incidencia de rayos de luz en el cono de aceptación.*



**Fuente:** (Telectronika, 2018)

Las fibras ópticas se clasifican de acuerdo a los modos de transmisión en fibras monomodo y multimodo. Las fibras ópticas monomodo poseen un diámetro de núcleo muy estrecho de entre  $8\ \mu\text{m}$  y  $10\ \mu\text{m}$  permitiendo un solo modo de transmisión, requiere un acoplamiento de la luz muy confinado y preciso. El diámetro estrecho hace que la luz se propague siguiendo una trayectoria muy paralela al eje de la fibra por lo que se evita el desfase al final de la transmisión y reduce la dispersión causada, atenuación típica esta entre  $0,1\ \text{dB}$  y  $0,4\ \text{dB}$  por kilómetro según Prieto Citado por (Ramos, 2019).

Al disponer de un ancho de banda tan elevado, existe el problema de que no todas las longitudes de onda llegan al mismo tiempo a su destino, por lo que la dispersión cromática tiene un efecto muy considerable sobre el diseño. Sus bajas pérdidas y su dispersión modal inexistente, la convierten en una fibra idónea para enlaces de larga distancia. Requiere de una minuciosa instalación y mantenimiento, ya que su minúsculo diámetro da lugar a un cono de aceptación sustancialmente menor que el de las fibras multimodo.

La fibra monomodo (Ver Figura 5) tiene un cono de aceptación reducido por lo cual, la fuente de luz requerida para transmitir a través de esta fibra es más especializada y costosa. Típicamente se utiliza emisores de luz láser y lentes especializadas en los receptores, esto hace que los equipos en principio tengan un costo mayor a los utilizados en fibras multimodo. (Valle, 2021).

**Figura 5.**  
*Trayectoria en una fibra monomodo.*



**Fuente:** (Fiber Optic Network Products, 2016)

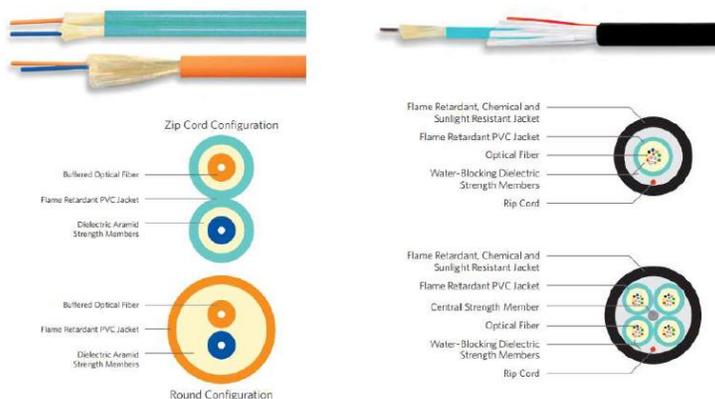
Por las características anteriormente descritas el uso de fibra óptica monomodo, se ha generalizado para transmisión a redes WAN, en las cuales se tienen distancias de 10 km a 20 km en los ambientes metropolitanos para redes de operadores de servicios. Estas distancias difícilmente podrían ser cubiertas con fibras multimodo. (Valle, 2021)

Las fibras monomodo se clasifican de acuerdo con su desempeño en atenuación; estas son OS1 y OS2, siendo a OS2 el estándar más reciente y, por lo tanto, con mejor desempeño para aplicaciones de planta externa.

- OS1. Para aplicaciones de interior, construcción tipo Tight Buffer y una atenuación de 1,0 dB/km.
- OS2. Para aplicaciones de planta externa, construcción tipo Loose Tube y una atenuación de 0,4 dB/km. (Valle, 2021)

En la Figura 6 se puede observar este tipo de fibras anteriormente descritas.

**Figura 6.**  
*Fibras Tight Buffer y Loose Tube.*



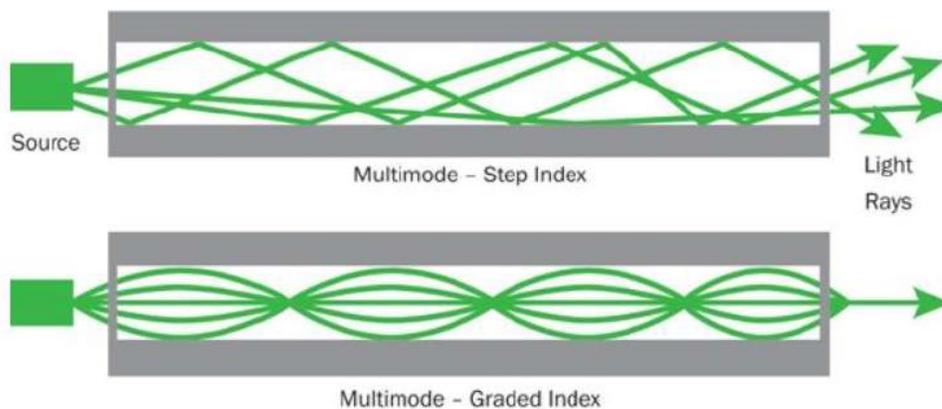
**Fuente:** (FOCC, 2020)

La fibra multimodo, cuenta con un núcleo entre 50 o 62,5 micrones de diámetro permitiendo varios haces de luz tomando diferentes trayectorias, llamados modos, esta fibra puede transportar mucha más información llegando a velocidades de hasta 100 Gbps, pero es más susceptible a atenuaciones por distancia y curvatura, por eso, las fibras ópticas multimodo típicamente se usan para equipos dentro de un ambiente LAN o centros de datos donde no se requiere cubrir grandes distancias, pero se necesitan altas tasas de transferencias de información. (Valle, 2021). Poseen una atenuación típica de entre 0,3 dB y 1 dB por kilómetro, y el acoplamiento de la luz en sus diferentes modos es más sencillo, debido a esto, es posible utilizar un LED como fuente emisora, así como conectores más sencillos y una instalación y mantenimiento con menos coste que la fibra monomodo.

Hay dos tipos de fibra óptica multimodo debido al índice de refracción interno, una de ellas es la fibra de índice escalonado la cual todo el núcleo está construido de un material con el mismo índice de refracción, en la cual los diferentes haces de luz con diferentes trayectorias viajan a diferentes velocidades lo cual provoca dispersión, ya que estos llegan al receptor en distinto orden al que salieron del emisor. Por otra parte, la fibra de índice graduado está construida de tal forma que tiene diferentes índices de refracción concéntricos al núcleo lo cual, controla la forma que la luz viaja a través de las diferentes trayectorias de núcleo y, por lo tanto, garantiza la coherencia del mensaje de emisor a receptor. Como es de esperarse, la fibra de índice escalonado tiene un mejor desempeño en relación de ancho de banda y atenuación. (Valle, 2021). En la Figura 7 se muestran fibras de índice escalonado y gradual.

**Figura 7.**

*Fibras de índice escalonado y gradual.*



**Fuente:** (Fiber Optic Network Products, 2016)

Los primeros sistemas de comunicaciones ópticas emplearon fibras multimodo de índice escalonado. Más tarde se desarrollarían las fibras multimodo de índice gradual que paliaron en gran medida el problema de la dispersión intermodal según Prieto citado por (Ramos, 2019).

De acuerdo con el aumento demanda de ancho de banda y distancia requerida para transmisión se han desarrollado cambios en la construcción y de la fibra óptica y el soporte de la fuente de luz láser la cual permite una menor atenuación que las fuentes típicas led. La clasificación de fibra óptica multimodo de acuerdo con estos parámetros es la siguiente:

- OM1: Núcleo de 62,5  $\mu\text{m}$  fuente de luz led
- OM2: Núcleo de 50  $\mu\text{m}$  fuente de luz led
- OM3: Núcleo de 50  $\mu\text{m}$  fuente de luz Laser
- OM4: Núcleo de 50  $\mu\text{m}$  fuente de luz Laser

El desarrollo de la fibra óptica monomodo con su enorme capacidad de transmisión, ha abierto la puerta al despliegue de redes ópticas punto a punto, de hecho, el uso de la fibra como sustituto del cable de cobre ha permitido aumentar de forma significativa la calidad del servicio (QoS) sin sufrir aumentos relevantes del precio de este, permitiendo de esta manera que cada vez haya más usuarios que adquieran este tipo de servicio. (Ramos, 2019)

En el aspecto económico el mejoramiento del ancho de banda se refleja en el caso específico ecuatoriano, la banda ancha ha contribuido a disminuir el desempleo, pero sobre todo a crear nuevos puestos de trabajo, y de acuerdo con los resultados presentados en el Plan de Desarrollo de Banda Ancha, “un aumento de 1% en la penetración de la banda ancha ha incrementado en 0,0156 puntos la tasa de ocupación, y disminuye en 0,105% el desempleo”. De acuerdo con estos resultados, el aumento en la penetración de la banda ancha de 4,19% a 5,21% como ejemplo en 2012 generó alrededor de 86.354 empleos, de los cuales 6.960 se originaron de la mano de obra desocupada, mientras que 79.394 surgieron de la mano de obra inactiva y subempleada. Rivera, Iglesias y Garcia (2020)

### **Redes FTTx (fiber to the x, fibra hasta)**

En este punto se tiene una red de telecomunicaciones que es en determinado modo 100% fibra óptica en el caso de FTTH. El acrónimo FTTx es conocido ampliamente donde x puede denotar distintos destinos y según indica Ramos (2019), los más importantes son:

Los más importantes son:

- FTTN (Fiber-to-the-node): el tramo de fibra termina en una cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario.

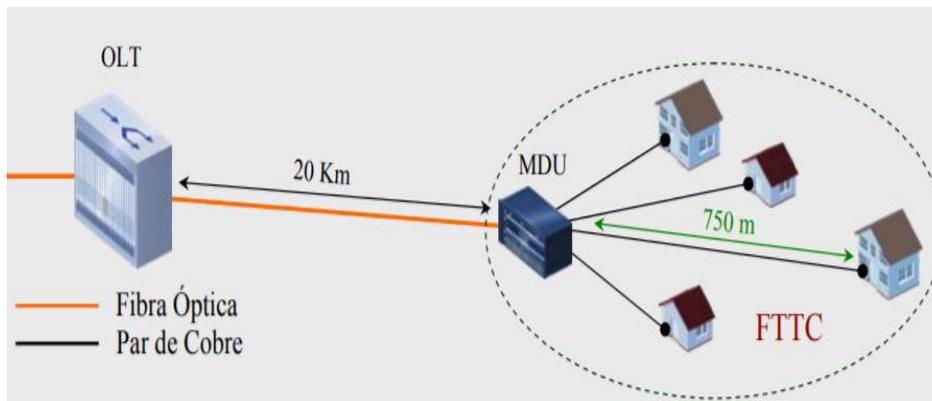
- FTTC (Fiber-to-the-curb): hasta la acera y la terminación con xDSL hasta la residencia. En este caso la cabina se encuentra más próxima al usuario, a una distancia entre 300 y 600 metros.
- FTTB (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement): el proveedor de servicio llega hasta el cuarto de distribución del edificio. A partir de este punto se llega hasta el usuario normalmente utilizando par de cobre.
- FTTH (Fiber-to-the-home): la fibra llega al interior o a la fachada de la vivienda según Marchukov citado por (Ramos, 2019).

Red FTTC: Fibra hasta la acera es una arquitectura híbrida de fibra/cobre utiliza infraestructura de fibra óptica implementada desde el centro de conmutación central hasta la acera y aprovecha el uso de la infraestructura de cobre heredada existente para el suscriptor final (Marchukov, 2011).

Para Marchukov citado por Ramos (2019), el nodo de conexión se encuentra a una distancia inferior a los 300 metros del punto final (la conexión en el domicilio). Al ser el sistema FTTC un sistema en banda base el mecanismo de multiplexado para repartir la información a los usuarios se realiza con técnicas TDM. El multiplexado de la unidad óptica puede realizarse mediante un conmutador ATM que maneja anchos de banda del bucle de abonado cercanos a los 50 Mbits sobre cable de cobre.

La MDU (Multi-Dwelling Unit) sería en este caso un mini-DSLAM con un puerto GPON hacia la central del operador y puertos VDSL2, en ocasiones también ofrecen puertos RF, E1/T1 o FE/GbE) hacia los usuarios.

**Figura 8.**  
*Red FTTC.*



**Fuente:** (Ramos, 2019)

Red FTTH: la sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto, esta red es de fibra óptica desde el centro de conmutación hasta la vivienda FTTH (Garma, 2019). La OAN (red de acceso óptico) es común a todas las arquitecturas presentadas, por consiguiente, la uniformidad de este sistema ofrece la posibilidad de generar grandes volúmenes tráfico a escala mundial. Las diferencias entre las opciones de red fibra al edificio (FTTB, fibre to the building), fibra a la acometida (FTTC, fibre to the curb), fibra al armario (FTTCab, fibre to the cabinet) y FTTH estriban principalmente en los distintos servicios que ofrecen, y por lo tanto pueden tratarse como equivalentes.

VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line): llamada también línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia, representa el último estándar tecnológico para la familia xDSL, en muchos aspectos como ancho de banda, simetría y capacidad de proveer los servicios avanzados de última generación, los cuales incluyen data, video y voz.

VDSL es el estándar de transmisión usado por las redes FTTx, tiene la ventaja de ser simétrico o asimétrico (velocidades de subida y bajada de datos iguales o distintas) según la exigencia del cliente, esta cualidad hace que se le pueda brindar un buen servicio a clientes residenciales o pequeños o medianos negocios, de esta manera se incrementan las contribuciones de las telecomunicaciones al impulso económico. Todo esto gracias al uso de la fibra óptica como medio de transmisión.

En Ecuador, el servicio de internet fijo a través de conexiones por fibra óptica ha crecido, es así, que para el cierre del año 2019, es el tipo de fibra ocupa el primer lugar de todas las conexiones de internet fijo con el 37,03%, seguido por conexión a través de cobre con el 33,65%, el 21,89% a través de cable coaxial y apenas un 7,43% se proporciona por medios inalámbricos. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ARCOTEL, 2019). Debido a los cambios en los patrones de consumo (se demandan más contenido, acceso a redes sociales, aumento del teletrabajo por la pandemia) hay la necesidad de aumentar el ancho de banda. Las operadoras han tratado de ir mejorando sus servicios, pero para minimizar los impactos en los precios los han hecho paulatinamente.

Usando la fibra óptica desde la central hasta los armarios (FTTCab) y usando sus antiguas redes de cobre y coaxial en los usuarios finales (Valle, 2021), apoyándose en la tecnología de transmisión VDSL, y así aumentando el ancho de banda, esto progresivamente se ha ido reemplazando las redes de cobre y coaxial, colocando fibra óptica mejorando el servicio prestado. El fin último de los operadores de telecomunicaciones es que la mayoría de sus redes sean FTTH (Ramos, 2019) pues se tendría el mejor medio de transmisión disponible al día de hoy.

El sector de las telecomunicaciones ha crecido a tasas elevadas los últimos quince años a nivel mundial en pujado por los adelantos tecnológicos y las comunicaciones móviles (GSMA,

2018). El intenso avance de estos factores está transformando a los operadores de telecomunicaciones en operadores tecnológicos. (Astuquipan, 2018). Este incremento por supuesto se verá reflejado en el PIB y las redes en base a fibra óptica sostendrán parte de ese incremento económico que brindan a las telecomunicaciones en el país.

En un inicio se consideraba que la fibra óptica tenía una capacidad ilimitada para transferir información, sin embargo, debido a la alta demanda del uso de internet, la cual incrementa 40% cada año, ha llegado al grado de requerir actualmente sistemas ópticos de comunicación con tasas de transmisión de datos del orden de 1 Tb/s, y si consideramos que dicha demanda sigue aumentando en forma exponencial, pronto alcanzará el límite de transmisión de datos permitida por las fibras ópticas de 100 Tb/s, la cual es impuesta por las no linealidades de la fibra (Astuquipan, 2018). Aumentar los tendidos de fibra óptica de un solo núcleo es costoso y complejo desde el punto de vista de la infraestructura, surge entonces la alternativa de considerar fibras que posean varios núcleos (MCF: Multicore fibers), donde la información es transportada en cada núcleo de la fibra, utilizando en la mayoría de los casos núcleos similares y monomodales con diámetros de 8  $\mu\text{m}$ . Esto permitiría que en el caso de fibras ópticas con múltiples núcleos se pueda propagar la misma cantidad de información transportada hasta ahora, pero multiplicada por la cantidad de núcleos que posea la fibra, este tipo de tecnología no está exenta de presentar problemas en su implantación pero nos ofrece una alternativa a mediano plazo, (Astuquipan, 2018).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las telecomunicaciones son el envío de: videos, voz o datos por un emisor y la consecuente recepción del mensaje por parte de un receptor, de describe de manera muy sencilla, pero en este proceso se involucran una gran cantidad de tecnología que ha hecho posible la inmediatez de la información a tal punto que ahora con toda propiedad podemos hablar de una aldea global.

Las telecomunicaciones han impulsado el desarrollo económico del país impulsando al PIB aun en medio de la pandemia de la Covid -19 que azota al mundo, pues gracias a su participación ha sido posible que más personas puedan hacer teletrabajo, educación no presencial, telemedicina y entrenamiento. Un ejemplo de esto es el crecimiento experimentado por las comunicaciones móviles.

La fibra óptica es un medio de conducción que no posee un cable conductor de electricidad sino un hilo muy fino que sirve de canal que conduce luz y por esta razón es inmune a los efectos atmosféricos puede ser de dos tipos multimodo y monomodo, este aspecto se refiere a la cantidad de frecuencias que son capaces de manejar en sus núcleos. Está hecha de vidrio o plástico debe tener un recubrimiento especial para poder ser empleada con seguridad. La fibra óptica es capaz de transmitir mensajes a grandes distancias con una pérdida de potencia mínima con respecto a otros

conductores o medios. Ahora es común que las etapas desde la red dorsal, las centrales de comunicación hasta al abonado sean de fibra óptica.

El uso de la fibra óptica en las telecomunicaciones ha permitido seguir aumentando el ancho de banda que disfrutaban los abonados de las empresas de telecomunicaciones y que estas hayan aumentado el nivel de servicios que les prestan bien sea a través de tecnología híbrida de Fibra /Cobre o con FTTH donde el medio de transmisión es únicamente fibra óptica.

La fibra óptica marca la pauta en cuanto al adelanto que representa en las comunicaciones actualmente como ya se dijo puede entregar el mayor ancho de banda con casi inmunidad de los fenómenos electromagnéticos haciéndola muy superior a sus predecesores los pares de cobre y el cable coaxial. Aunque su despliegue inicial se más costoso y necesite de mano de obra especializada si está bien ejecutada su implementación a largo plazo su mantenimiento es casi nulo, y al garantizar progresividad en los servicios que se pueden brindar a través de ella definitivamente es muy superior a sus predecesores, hoy en día no hay otro medio físico que la supere.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ARCOTEL. (Febrero de 2019). Boletín Estadístico. Boletín N° 2020-01. Recuperado el 17 de Marzo de 2022, de <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/boletin-febrero-2020-.pdf>
- Astuquipan, C. (Marzo de 2018). Telecomunicaciones. Informe especial. Obtenido de <http://www.dnconsultores.com/wp-content/uploads/2019/05/Recorte.pdf>
- Fiber Optic Network Products. (13 de Septiembre de 2016). Single-mode Fiber vs. Multimode Fiber: Which to Choose? Obtenido de <https://www.fiberopticshare.com/single-mode-fiber-vs-multimode-fiber-choose-2.html>
- FOCC. (29 de Junio de 2020). Cosas que necesitas saber sobre los cables de Fibra ADSS. Obtenido de <http://www.fibresplitter.com/news/things-you-need-to-know-about-adss-fiber-cable-37550443.html>
- Garma, P. (2019). Diseño y Despliegue de una red Fija de Telecomunicaciones con fibra óptica: FTTH - (Fiber to the home). Trabajo Fin de Master, Escuela Naval Militar, Centro Universitario de la Defensa, Vigo. Obtenido de <http://calderon.cud.uvigo.es/handle/123456789/319>
- GSMA. (2018). Reforma del sistema tributario del sector móvil en Ecuador: Una reforma para liberar los beneficios socioeconómicos del sector móvil. Obtenido de <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2018/11/GSMA-2018-Estudio-impuestos-Ecuador-SP.pdf>
- Parella, S., & Martins, P. (2010). Metodología de la Investigación Cuantitativa. (2da ed.). Caracas, Venezuela: FEDEUPEL.
- Ramos, A. (2019). Diseño e implementación de una red de acceso con fibra óptica utilizando tecnología VDSL/FTTX para mejorar los servicios de telecomunicaciones, de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública en Guano. Trabajo de titulación modalidad: Proyecto de Investigación y Desarrollo, presentado como requisito parcial para el grado de Magíster en Sistemas de Telecomunicaciones, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/13354>
- Rivera, C., Iglesias, E., & Garcia, A. (2020). Estado Actual de las telecomunicaciones y la banda ancha en Ecuador. sector de instituciones para el desarrollo, Division de Conectividad, Mercado y Finanzas. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de

[https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estado\\_actual\\_de\\_las\\_telecomunicaciones\\_y\\_la\\_banda\\_ancha\\_en\\_Ecuador.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estado_actual_de_las_telecomunicaciones_y_la_banda_ancha_en_Ecuador.pdf)

Telectronika. (28 de Junio de 2018). Fibra Óptica: principios y fabricación. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de <https://www.telectronika.com/articulos/fibra-optica/que-es-la-fibra-optica-principios-fabricacion-y-usos/>

Toala, J. (2019). Diseño de un módulo para el uso básico de la fibra óptica para la asignatura de telecomunicaciones de la carrera de Ingeniería en Computación y redes. Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Computación y Redes, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias técnicas, Jipijapa. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1520/1/UNESUM-ECU-REDES-2019-03.pdf>

Universidad Galileo. (2022). ¿Qué son las telecomunicaciones? Obtenido de <https://www.galileo.edu/trends-innovation/que-son-las-telecomunicaciones/#:~:text=La%20Uni%C3%B3n%20Internacional%20de%20Telecomunicaciones,%C3%B3pticos%20u%20otros%20sistemas%20electromagn%C3%A9ticos%20%E2%80%9D.>

Valle, J. (2021). Diseño de red pasiva de fibra óptica para servicios de telecomunicaciones y su modelo de gobierno para un edificio de comercios y oficinas. Trabajo de Graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15776/>