



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL DESPLIEGUE DE UNA RED DE ÚLTIMA
GENERACIÓN USANDO FIBRA ÓPTICA PARA
SERVICIOS TRIPLE PLAY**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero en Telecomunicaciones

PRESENTA:

Paola Patricia Ramón Carrillo

DIRECTOR DE TESINA:

Ing. Carlos Gabriel Girón García



CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2016.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá Patricia, mi papá Ricardo, mi hermana Brenda, mi abuelita Carmen y mi tía Sandra, por siempre estar ahí cuando los necesité, por todo el apoyo y amor brindado desde que nací hasta ahora, por todos sus consejos, por nunca dejarme sola y siempre creer en mí.

A mi novio Juan por también estar ahí siempre que lo necesite y darme ánimos de continuar.

A mis amigos Idalia, Cristina, Brigette, Dulce, Santa, Daniel y Mauricio, por acompañarme a lo largo de mi carrera ya sea en partidos de basquetbol, estudiando para algún examen o estando ahí cuando los necesité.

A mi asesor Carlos Gabriel Girón García por su confianza y ayuda brindada a lo largo de la tesina.

*A los profesores que me ayudaron a lo largo de la carrera.
Y en verdad gracias, porque sin todos ustedes no lo hubiera logrado.*

INTRODUCCIÓN

El mercado de las tecnologías de la información y las comunicaciones se encuentra actualmente en un cambio estructural. El reciente aumento de la competencia, los nuevos requisitos para el mercado y tecnología, han cambiado fundamentalmente las actitudes tradicionales de la industria de las telecomunicaciones. La presente industria se caracteriza por el rápido crecimiento de las conexiones de banda ancha, los procesos de convergencia de diversas redes tecnológicas y la aparición de un estándar IP uniforme para las comunicaciones individuales y de masas. Por ello en este trabajo se analizará el despliegue de una red de última generación, usando fibra óptica para servicios triple-play, ya que hoy en día las telecomunicaciones involucran muchos servicios que operan con diferentes tecnologías, los principales servicios ofrecidos son: voz, datos y video. Además de que se relacionará la importancia de conocer la estandarización y normas para este ámbito, pues no solo es importante conocer las cuestiones teóricas, técnicas y físicas, ya que el no seguir alguna de las normas o estándares, puede repercutir directamente en el desempeño de la red, asimismo se deben de conocer los organismos que influyen en el desarrollo de estas normas.

Una red de fibra óptica tiene una amplia gama de aplicaciones, así como también hay una importante reducción de costos operativos, al eliminar centrales locales, aseguran un alto desempeño y seguridad en la transferencia de información, así como un mayor ancho de banda.

Las redes de última generación con fibra permiten enviar grandes cantidades de información o datos a tasas de transmisión que pueden alcanzar más de 100 Mbps a distancias muy grandes y se basan en el protocolo IP, es decir, la transmisión está basada en paquetes.

Por último se presentarán ejemplos de redes de fibra óptica ya implementadas y los servicios que pueden brindar, como son los servicios IDE y VPN. Así como algunas de las herramientas que se utilizan para realizar pruebas y poder detectar la falla que se pueda llegar a presentar después de ya implementado y entregado el servicio al cliente.

También se presentaran posibles mejoras y aplicaciones de las mismas.

CONTENIDO

1.-ANTECEDENTES.....	5
1.1.-Fibras ópticas.....	6
1.1.1.-Concepto general y características	6
1.1.2- Ventajas y desventajas de usar fibra óptica como medio de transmisión.	8
1.1.3- Tipos de fibra según su modo de propagación y diseño.	9
1.1.4-Principales componentes en una fibra óptica, conectores, tipo de emisor del haz de luz y conversores de luz a corriente eléctrica.	13
1.1.5- Cables de fibra óptica y técnicas de empalme.	15
1.1.6-Tipos de pérdidas y dispersión en los cables de fibra óptica.....	18
1.2- Servicios triple-play	19
1.2.1- Concepto principal de un servicio triple-play	19
1.2.2- Funciones y características de un servicio triple play.....	20
2.-REDES DE FIBRA ÓPTICA	23
2.1-Antecedentes de las redes de fibra óptica	24
2.1.1- Las telecomunicaciones y el modelo de red.	24
2.1.2- Topologías básicas de red.	25
2.1.3- Redes ópticas de primera generación y de segunda generación	26
2.1.4- Red de transporte y red de acceso.	28
2.1.5-Tecnología de transporte PDH (Jerarquía digital plesiocrona) y SDH (Jerarquía digital síncrona).	30
2.1.6-Técnicas de multiplexaje en redes ópticas	32
2.1.7-La capa óptica y sus características	35
2.2-Redes ópticas de nueva generación.	36
2.2.1- Características principales de una red de nueva generación	37
2.2.2-Arquitectura de una red de nueva generación.....	38
2.2.3- Funcionalidad y servicios que proporcionan las NGN	40
2.2.4- Aspectos necesarios para el diseño e implementación de una red de fibra óptica de nueva generación.	42
3.-REGULACIÓN, ESTÁNDARES Y NORMAS, DE LAS FIBRAS ÓPTICAS Y DE LAS REDES DE ÚLTIMA GENERACIÓN.	48
3.1-Conceptos básicos de regulación, estándares y normalización.....	48
3.2- Organismos que normalizan la fibra óptica y las redes de nueva generación.....	51
3.3- Principales estándares aplicados para la fibra óptica y las redes de nueva generación.....	53
4.-TIPOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA.	60
4.1-Aplicaciones y posibles mejoras	68
5.-CONCLUSIONES.....	77
6.-REFERENCIAS	79
7.-ÍNDICE DE FIGURAS.....	80

1.-ANTECEDENTES

Las fibras ópticas son actualmente el medio de transmisión de información de mayor capacidad disponible, se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar una gran cantidad de datos a una gran distancia, así como también logran una mayor tasa de transmisión, ya sea de voz datos o video, también evita las interferencias electromagnéticas, esto proporciona un enlace de alta calidad, seguro y confiable, por lo que después de varios años, se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión de información de muy alta capacidad, para poder implementar redes que aprovechen sus propiedades únicas, ya que en estos tiempos se está experimentando un aumento en la demanda de ancho de banda. Con el tiempo se ha planteado para un amplio rango de aplicaciones además de la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes de alta resolución entre otros.

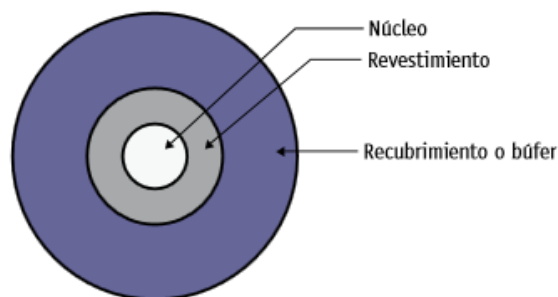
Este primer capítulo se basa en los conceptos o principios fundamentales, para entender cómo es el funcionamiento interno de una fibra óptica, no se profundizará mucho en todos los temas ya que hablar de fibras ópticas es un tema extenso. Asimismo se hablará de los servicios triple play y las funciones que pueden llegar a presentar.

1.1.-Fibras ópticas

1.1.1.-Concepto general y características

La fibra óptica es el medio guiado de comunicaciones que ofrece mayores prestaciones y más alta potencialidad, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir, la fuente de luz puede ser un láser o un LED. Los impulsos luminosos se envían a través de la fibra; en el otro extremo, un fotodiodo (o receptor) reconvierte la señal óptica en señal eléctrica. Y ésta es transformada finalmente en sonido, imagen o texto en el teléfono, la televisión o la pantalla de una computadora. La fibra óptica físicamente es una varilla delgada, se construye con materiales dieléctricos (mal conductor de electricidad), preferentemente sílice (SiO_2), este material va dopado con otros componentes para modificar sus propiedades, en especial su índice de refracción. Otros materiales también pueden ser vidrio o plástico.

El cable de fibra óptica tiene forma cilíndrica y consta de tres partes: núcleo (core) (se construye de elevadísima pureza con el propósito de obtener una mínima atenuación), revestimiento o cubierta (cladding), éste está modificado de forma que tenga un índice de refracción ligeramente inferior al del núcleo, es precisamente este cambio de índice lo que hace que la luz se guíe por el interior de la fibra (n_2 que es el índice de refracción del revestimiento es de 0.2 a 0.3 % inferior al índice de refracción del núcleo n_1), y por último tenemos el recubrimiento o búfer, como se muestra en la figura 1. El diámetro del núcleo varía de 6 a 200 μm y el diámetro de la cubierta varía de 125 a 250 μm . [1]



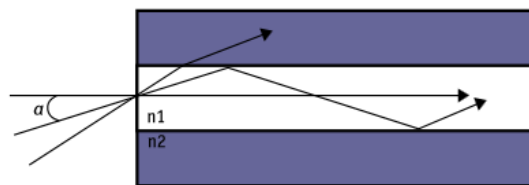
1-Figura: Partes de la fibra óptica [25]

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a) Del diseño geométrico de la fibra.
- b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración (diseño óptico)
- c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.

Reflexión y refracción

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico (es el ángulo mínimo de incidencia en el cual se produce la reflexión interna total), de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Dependiendo de las constantes de refracción de los materiales, existe un ángulo máximo de incidencia de la luz sobre el extremo de la fibra para el cual toda la luz incidente se propaga. Este ángulo se llama ángulo de aceptación y su seno se conoce como apertura numérica (AN), como se muestra en la figura 2. Cualquier onda que entre con un ángulo mayor que el de aceptación escapará a través del revestimiento. [20]



Índice de refracción del núcleo $n_1 = 1,47$
Índice de refracción del revestimiento $n_2 = 1,45$

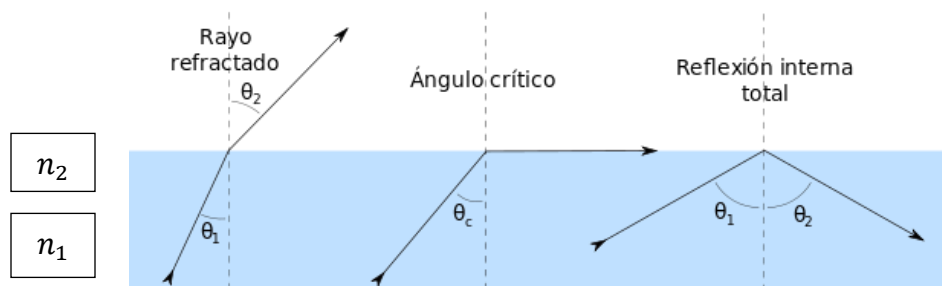
2-Figura: Reflexión total interna y apertura numérica [25]

Cuando un haz de luz se encuentra en su camino un material dieléctrico, se divide en dos haces, uno reflejado y el otro refractado o transmitido, siempre que el índice de refracción del medio incidente sea inferior al del medio transmitido, cuyos ángulos están relacionados con el ángulo de incidencia a través de la Ley de Snell, como se muestra en la figura 3. [20]

Ley de Snell: Relación constante entre seno de θ_1 y seno de θ_2

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{o} \quad n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_c = \arccos\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \rightarrow \text{Ángulo crítico}$$



3-Figura: Reflexión y refracción

1.1.2- Ventajas y desventajas de usar fibra óptica como medio de transmisión.

Ventajas:

- a) Baja atenuación y dispersión
- b) **Aislamiento eléctrico:** Las interferencias electromagnéticas externas no perturban la transmisión en la fibra.
- c) **Peso y dimensiones:** Este hecho permite disminuir gastos de transporte e instalación de cables
- d) **Mayor ancho de banda:** Gracias a esto la fibra óptica permite reemplazar varios canales de transmisión clásicos
- e) **Diafonía:** La fibra óptica no radia ni capta radiación externa, por lo tanto está exenta de diafonía.
- f) Son fáciles de conseguir en el mercado, material base abundante (SiO₂).
- g) Grandes tasas de transmisión de datos.
- h) Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- i) Resistencia a la corrosión.
- j) Video y sonido en tiempo real

❖ Desventajas

- a) **Dificultad de acoplamiento:** Debido a las pequeñas dimensiones de las fibras ópticas, se hace más difícil el acoplamiento de éstas con las fuentes de luz y los detectores ópticos.
- b) **No linealidad de las fuentes de luz:** Esto provoca que sea más limitada la comunicación analógica por medio de fibras ópticas.
- c) Las fibras y láseres requieren un manejo más cuidadoso.
- d) Es un medio guiado y hoy en día se compite con medios inalámbricos.
- e) El costo de instalación es elevado.
- f) Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.
- g) No hay una estandarización de los productos, lo que plantea problemas de compatibilidad. [20]

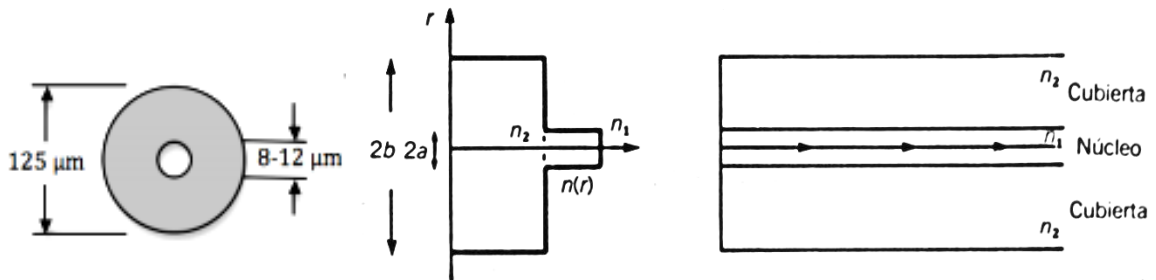
1.1.3- Tipos de fibra según su modo de propagación y diseño.

❖ Tipos de fibra óptica según su modo de propagación:

i) *Fibras monomodo:*

Esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información, a diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gbit/s). Se reduce el diámetro del núcleo a valores que permitan la propagación de un solo modo, para eliminar la dispersión modal por completo. El diámetro del núcleo es de 8 a 12 μm . El diámetro del revestimiento es de 125 μm . Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado, como se muestra en la figura 4.

La condición necesaria para que una fibra sea monomodo es que su frecuencia normalizada sea menor o igual que 2,405. Adecuada para aplicaciones de larga distancia, se requiere una fuente de luz que sea fácilmente enfocable en un área pequeña, por eso usualmente se usa en conjunto con diodos láser. [12]



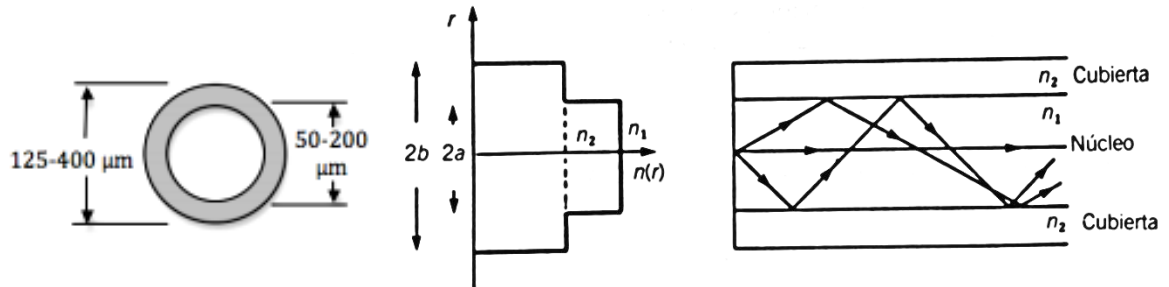
4-Figura: Fibra monomodo de índice escalonado [12]

ii) *Fibras multimodo*

Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km; es simple de diseñar y económica. Son fibras con un núcleo mayor (lo cual facilita el acoplado), con apertura numérica más alta (lo que también contribuye a aumentar la potencia acoplada). Pero presenta dispersión intermodal que no es conveniente para distancias largas, pues reduce drásticamente el ancho de banda. La fuente ideal para este tipo de fibras es el LED. Comúnmente utilizado en redes LAN o para distancias de unos 200 metros.

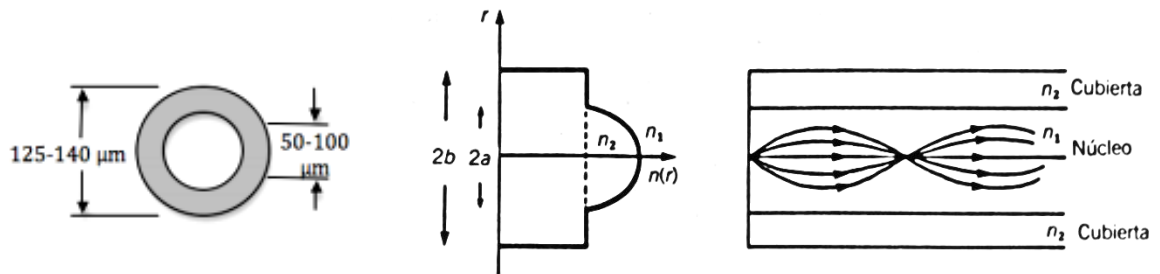
Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

- a) **De índice escalonado:** El núcleo tiene índice de refracción constante a lo largo del radio, mayor que el de la cubierta. Diámetro de núcleo de 50 a 200 μm . Diámetro del revestimiento de 125 a 400 μm . Apertura numérica (AN) alrededor de 0.3, como se muestra en la figura 5. Dispersión modal muy alta y predomina sobre los otros tipos. Baja capacidad y se utilizan en enlaces de corta distancia. [12]



5-Figura: Fibra multimodo de índice escalonado [12]

- b) **De índice gradual:** Se disminuye la dispersión modal. Índice de refracción de núcleo varía con la distancia al eje. La velocidad de los rayos cerca de la frontera entre núcleo y cubierta es mayor que la velocidad de los rayos que viajan cerca del eje. Los rayos llegan aproximadamente al mismo tiempo al otro extremo, como se muestra en la figura 6. Diámetro de núcleo de 50 a 100 μm . Diámetro del revestimiento de 125 μm a 140 μm . Apertura numérica (AN) alrededor de 0.2. El núcleo se constituye de distintos materiales. [12]



6-Figura: Fibra multimodo de índice gradual [12]

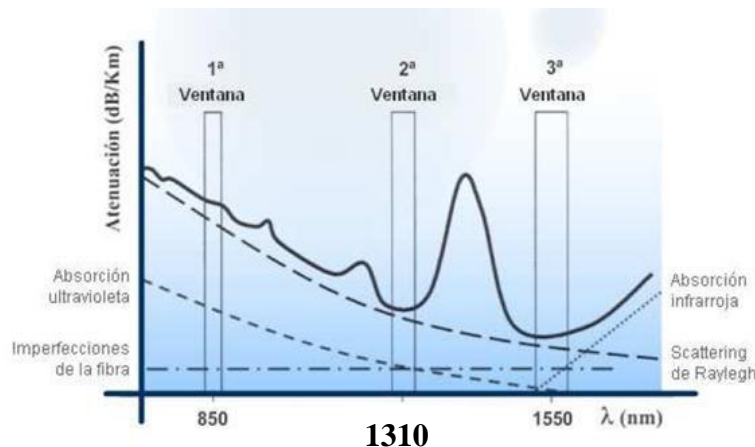
Además, según el sistema ISO 11801 para clasificación de fibras multimodo según su ancho de banda las fibras pueden ser OM1, OM2 y OM3.

- a) OM1: Fibra 62.5/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores.
- b) OM2: Fibra 50/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores.
- c) OM3: Fibra 50/125 μm , soporta hasta 10 Gigabit Ethernet (300 m), usan láser como emisores.

Ventanas de transmisión: Son longitudes de onda con una atenuación extremadamente reducida:

- a) Primera ventana: 850nm (Led, cortas distancias y multimodo).
- b) Segunda ventana: 1310nm (Láser, distancias medias y multimodo/monomodo).
- c) Tercera ventana: 1550 nm (Láser, largas distancias y monomodo)
- d) Cuarta ventana: 1625 nm (Láser y monomodo. En fase de prueba)

Las ventanas que se usan en la actualidad son la segunda ventana de 1310 nm y la tercera ventana de 1550 nm, como se muestra en la figura 7. La segunda ventana coincide con la mínima zona de dispersión y la tercera ventana es la que produce mínima atenuación. [1]



7-Figura: Ventanas de transmission [26]

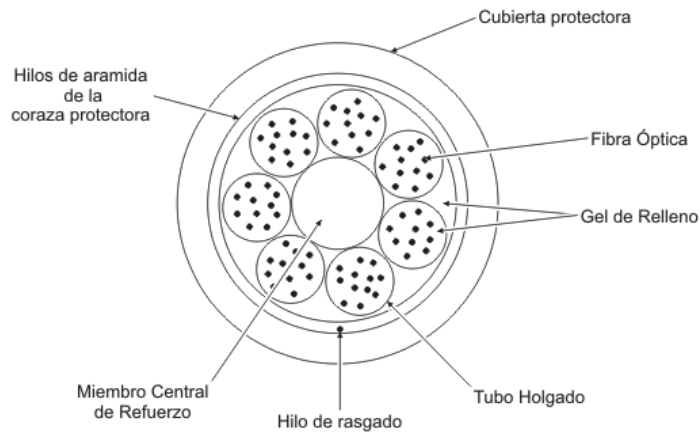
❖ Tipos de fibra óptica según su diseño

De acuerdo con su diseño, existen dos tipos de cable de fibra óptica:

a) Cable de estructura holgada

Es un cable empleado tanto para exteriores como para interiores que consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo y provisto de una cubierta protectora. Cada tubo de fibra, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o estar llenos de un gel hidrófugo que actúa como protector antihumedad impidiendo que el agua entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejerzan sobre el cable.

Su núcleo se complementa con un elemento que le brinda resistencia que bien puede ser de varilla flexible metálica o dieléctrica como elemento central o de hilaturas de aramida o fibra de vidrio situadas periféricamente, como se muestra en la figura8. [13]

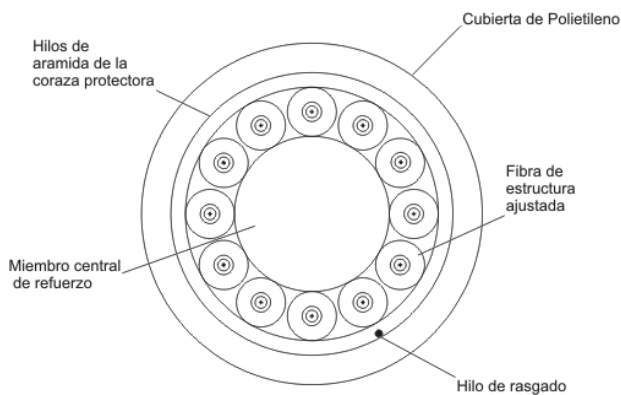


8-Figura: Cable de estructura holgada[13]

b) Cable de estructura ajustada

Es un cable diseñado para instalaciones en el interior de los edificios, es más flexible y con un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada.

Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, todo ello cubierto de una protección exterior. Cada fibra tiene una protección plástica extrusionada (es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija) directamente sobre ella, hasta alcanzar un diámetro de 900 μm rodeando al recubrimiento de 250 μm de la fibra óptica. Esta protección plástica además de servir como protección adicional frente al entorno, también provee un soporte físico que servirá para reducir su costo de instalación al permitir reducir las bandejas de empalmes, como se muestra en la figura 9. [13]



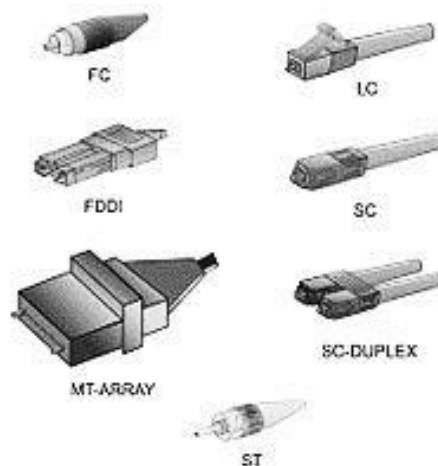
9-Figura: Cable de estructura ajustada [13]

1.1.4-Principales componentes en una fibra óptica, conectores, tipo de emisor del haz de luz y conversores de luz a corriente eléctrica.

Tipos de conectores:

Los conectores son dispositivos mecánicos utilizados para recoger la mayor cantidad de luz, los cuales se muestran en la figura 10. Realizan la conexión del emisor y receptor óptico [15]. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

- a) FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- b) FDDI, se usa para redes de fibra óptica.
- c) LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- d) SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- e) ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.



10-Figura: Conectores de fibra óptica [13]

Emisores del haz de luz:

Estos dispositivos se encargan de convertir la señal eléctrica en señal luminosa, emitiendo el haz de luz que permite la transmisión de datos, estos emisores pueden ser de dos tipos:

- a) **LEDs:** Utilizan una corriente de 50 a 100 mA, su velocidad es lenta, solo se puede usar en fibras multimodo, pero su uso es fácil y su tiempo de vida es muy grande, además de ser económicos.
- b) **Láseres:** Este tipo de emisor usa una corriente de 5 a 40 mA, son muy rápidos, se puede usar con los dos tipos de fibra, monomodo y multimodo, pero por el contrario su uso es difícil, su tiempo de vida es largo pero menor que el de los LEDs y también son mucho más costosos.

Conversores luz-corriente eléctrica:

Este tipo de dispositivos convierten las señales luminosas que proceden de la fibra óptica en señales eléctricas.

Las condiciones que debe cumplir un fotodetector para su utilización en el campo de las comunicaciones, son las siguientes:

- a) La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- b) Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- c) El nivel de ruido generado por el propio dispositivo es mínimo.

Hay dos tipos de detectores: los fotodiodos PIN y los de avalancha APD.

- a) **Detectores PIN:** Su nombre viene de que se componen de una unión P-N y entre esa unión se intercala una nueva zona de material intrínseco (I), la cual mejora la eficacia del detector. Se utiliza principalmente en sistemas que permiten una fácil discriminación entre posibles niveles de luz y en distancias cortas.
- b) **Detectores APD:** Los fotodiodos de avalancha son fotodetectores que muestran, aplicando un alto voltaje en inversa, un efecto interno de ganancia de corriente (aproximadamente 100), debido a la ionización de impacto (efecto avalancha). [1]

1.1.5- Cables de fibra óptica y técnicas de empalme.

Se debe prestar mayor importancia en los efectos de macro y microcurvaturas que pueden inducir pérdidas en las fibras contenidas en los cables ópticos. Las pérdidas por microcurvaturas se evitan con un adecuado diseño y proceso de las fibras durante la aplicación de la protección secundaria.

Las características mecánicas principales que se deben tener en cuenta al diseñar un cable son: curvado, tensión, aplastamiento e impacto. Los elementos de refuerzo y el radio mínimo de curvatura se definen para evitar que el cable pueda resultar dañado durante el proceso de instalación debido a tracción o radio de curvaturas no adecuados.

Los factores ambientales que más influyen son: generación de hidrógeno, penetración de agua, vibración, cambios de temperatura y ataques biológicos (roedores), y también cargas de viento y hielo en el caso de cables aéreos.

Los cables cuentan con una o dos cubiertas plásticas, y armados metálicos o dieléctricos que los protegen de los factores ambientales y mecánicos asociados a almacenamiento, instalación y operación. Las cubiertas y su espesor se eligen en función de la aplicación final y considerando limitaciones como: diámetro máximo o peso máximo admisible, como se muestra en la figura 11. [21]



11-Figura: Cable de fibra óptica [27]

Los cables de fibra óptica son una alternativa sobre los coaxiales, ya que presentan un tamaño y peso menor, lo que permite efectuar un cableado de 2 a 4 km de una sola vez, mientras que en los cables de cobre no superan distancias de 250 a 300 metros.

Una de las funciones del cable de fibra óptica, es que sirve como protección para las fibras que hay en su interior frente a daños o rupturas que puedan producirse en el momento de la instalación o a lo largo de su vida útil, además de que hacen más fácil la manipulación de las mismas. [21]

Técnicas de empalme:

Sus pérdidas pueden contribuir en forma considerable a que haya un menor alcance. Las pérdidas se clasifican en intrínsecas (homogeneidad y composición de la fibra) y extrínsecas (proceso de empalme, desalineación). Existen fundamentalmente 2 técnicas diferentes de empalme que se emplean para unir permanentemente entre sí fibras ópticas.

La primera es el empalme por fusión que actualmente se utiliza en gran escala, y la segunda el empalme mecánico. [1]

I) Empalme por fusión:

Para tramos largos de fibra óptica con atenuación baja. Se utiliza para empalmes individuales o para un número bajo de fibras. Para un gran número de fibras, se utilizan equipos empalmadores múltiples, con máxima velocidad posible, como se muestra en la figura 12. [1]

Se realiza fundiendo el núcleo, siguiendo las etapas de:

- a) **Preparación y corte de los extremos.** Las puntas o extremos de ambas fibras a empalmar, deben estar lo más limpias posibles, por lo que comúnmente se utiliza acetona para su limpieza, y el corte de las puntas o extremos debe quedar lo más parejo que se pueda.
- b) **Alineamiento de las fibras.** Algunas empalmadoras traen una pequeña pantalla, que te dice que tan alineadas están las fibras y la mejor posición para empalmarlas.
- c) **Soldadura por fusión.** El empalme se realiza cuando las fibras a unir llegan a una temperatura suficientemente alta como para fundirse. En la empalmadora se observa cómo se produce una chispa.
- d) **Protección del empalme.** Finalmente se protege el empalme, ya que puede romperse.

Con técnicas de muy altas precisiones, se logran atenuaciones de 0.03 - 0.05 dB (fibras monomodo).



12-Figura: Empalmadora por fusión [27]

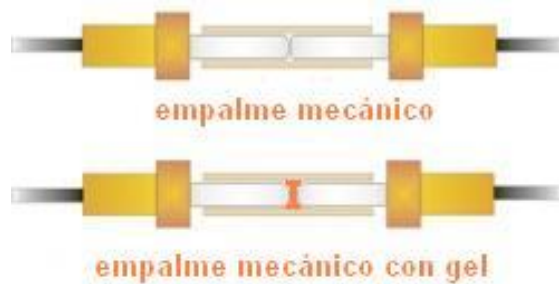
II) Empalme mecánico:

Este tipo de empalme se usa en el lugar de la instalación donde el desmontaje es frecuente, es importante que las caras del núcleo de la fibra óptica coincidan exactamente. Consta de un elemento de auto alineamiento y sujeción de las fibras y de un adhesivo adaptador de índice que fija los extremos de las fibras permanentemente, como se muestra en la figura 13. [1]

Después de realizado el empalme de la fibra óptica se debe proteger con:

- a) manguitos metálicos
- b) manguitos termoretráctiles
- c) manguitos plásticos.

En todos los casos para el sellado del manguito se utiliza adhesivo o resina de secado rápido.



13-Figura: Empalme mecánico [27]

1.1.6-Tipos de pérdidas y dispersión en los cables de fibra óptica

I. Tipos de pérdidas:

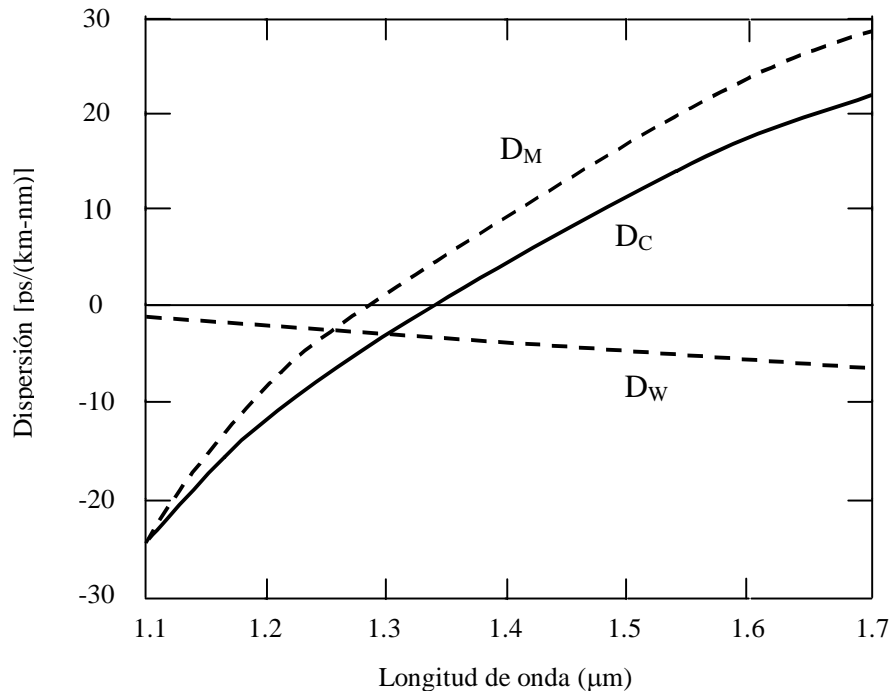
A la pérdida de potencia, se le conoce como atenuación, existen 4 tipos de pérdidas los cuales son:

- a) **Pérdidas por absorción.** Ocurre cuando las impurezas en la fibra absorben la luz, y esta se convierte en energía calorífica; las pérdidas normales van de 1 a 1000 dB/km.
- b) **Pérdida de Rayleigh.** En el momento de la manufactura de la fibra, existe un momento donde no es líquida ni sólida y la tensión aplicada durante el enfriamiento puede provocar microscópicas irregularidades que se quedan permanentemente; cuando los rayos de luz pasan por la fibra, estos se difractan haciendo que la luz vaya en diferentes direcciones.
- c) **Pérdidas por radiación.** Estas pérdidas se presentan cuando la fibra sufre de dobleces, esto puede ocurrir en la instalación y variación en la trayectoria, cuando se presenta discontinuidad en el medio.
- d) **Pérdidas por acoplamiento.** Las pérdidas por acoplamiento se dan cuando existen uniones de fibra, se deben a problemas de alineamiento. [20]

II. Tipos de dispersión:

Es la variación en el tiempo de retardo que sufren los diferentes rayos o modos al propagarse por la fibra. Su efecto es acumulativo con la distancia y define la capacidad máxima por unidad de longitud de una fibra. Existen diferentes tipos de dispersión: modal (intermodal o multimodal), de material y de guía de onda, como se observa en la figura 14.

- a) **Dispersión modal:** Rayos con la misma longitud de onda que incidan simultáneamente, pero con distintas direcciones, llegarán en instantes de tiempo diferentes al extremo receptor. Fibra multimodo de índice escalonado.
- b) **Dispersión de material:** Las fuentes ópticas emiten señales de luz con un ancho espectral ($\Delta\lambda$). Cada modo propaga todas las líneas espectrales del emisor. Cada longitud de onda tiene velocidad de propagación diferente debido a las propiedades del material, lo que provoca dispersión.
- c) **Dispersión de guía de onda:** Debida a parámetros ópticos y geométricos de la fibra. Se hace presente porque la manera en la que las ondas se ajustan a las condiciones de frontera en la interfaz entre núcleo y cubierta depende de su frecuencia.
- d) **Dispersión cromática:** Es el resultado de la aproximación de la suma algebraica de la dispersión de material y la dispersión de guía de onda. [20]



14-Figura: Tipos de dispersión [20]

1.2- Servicios triple-play

1.2.1- Concepto principal de un servicio triple-play

En telecomunicaciones, el concepto triple-play es el conjunto de servicios y contenidos audiovisuales (voz, datos y video), dentro de un mismo medio físico de transferencia, ya sea fibra óptica, cable coaxial, cable de par trenzado, etc, mediante los protocolos de comunicación de las redes IP y algunos otros protocolos auxiliares. Este concepto que implica nuevas tecnologías como telefonía por Internet, web call center, mensajería unificada, video conferencia, etc.

Da posibilidad a un servicio más personalizado para el usuario debido a que el cliente dispone de los servicios y contenidos que él desea utilizar en el momento que él lo requiera, además de que los precios son más accesibles.

1.2.2- Funciones y características de un servicio triple play.

La infraestructura común sobre la que se van a prestar todos estos servicios (voz, datos y video) es a través de una red IP (Internet Protocol). Para forzar que cierto tipo de tráfico sea tratado de una forma determinada y que otros tipos de tráficos reciban un tratamiento distinto, existen dos técnicas.

Técnica de QoS (Calidad del servicio):

- 1) **IntServ (Integrated Services).** Necesita un protocolo llamado RSVP (Reservation Protocol) para señalar en la red las características para ciertos flujos, mientras que DiffServ no usa señalización alguna. Por este motivo el más usado de ambos es Diffserv. El protocolo MPLS (Multi-Protocol Label Switching) permite el uso conjunto de ambos paradigmas.
- 2) **Diffserv (Differentiated Services).** Se basa en marcar los distintos tipos de tráfico con un valor distinto. Luego se configurará la red para que según la marca del paquete de datos, se trate éste de una u otra forma. El campo de la cabecera IP que se marca para diferenciar los distintos tipos de tráfico es "Type of Service" y el estándar que se usa para el marcado es DiffServ Code Point (DSCP).

Realmente esta diferencia de comportamiento se va a notar en las interfaces de salida de los distintos caminos. Si una interfaz tiene en su cola tráfico de datos y tráfico de voz, hay que configurarla para que primero envíe el tráfico de voz y posteriormente el de datos. De esta forma se consigue minimizar los retardos y el jitter (señal de ruido no deseada, es la principal consecuencia de un retraso de la señal) en el servicio de voz. Generalmente, al definir los distintos tipos de tráfico, como son: video, voz, datos de alta prioridad, datos de baja prioridad, protocolos y gestión. A continuación se muestra en la tabla 1 con los distintos tipos de tráfico y posteriormente la tabla 3 con los tipos de perfiles que se le aplican dependiendo de lo que el cliente solicite.

Tipo de Tráfico	QoS Versión 2.5				QoS Versión 3.0				ToS	
	IP Precedence	Bits DiffServ	TOS Bits	Valor TOS	DSCP Id	DSCP Value	Bits DiffServ	DSCP Hex Value	ToS Byte	ToS Value
Mgmt & routing	N/A	N/A	N/A	N/A	cs6	48	110 000	0x30	110 000 00	192
	N/A	N/A	N/A	N/A	cs7	56	111 000	0x38	111 000 00	224
Voz	P3	011 xxx	011 000 00	96	cs3	24	011 000	0x60	011 000 00	96
					cs5	40	101 000	0x28	101 000 00	160
					EF	46	101 110	0xA0	101 110 00	184
					af41	34	100 010	0xB8	100 010 00	136
Video					af42	36	100 100	0x88	100 100 00	144
					af43	38	100 110	0x90	100 110 00	152
					cs2	16	010 000	0x40	010 000 00	64
Datos críticos	P2	010 xxx	010 000 00	64	af31	26	011 010	0x68	011 010 00	104
					af32	28	011 100	0x70	011 100 00	112
					af33	30	011 110	0x78	011 110 00	120
					cs1	8	001 000	0x20	001 000 00	32
Business Datos normales	P1	001 xxx	001 000 00	32	af21	18	010 010	0x48	010 010 00	72
					af22	20	010 100	0x50	010 100 00	80
					af23	22	010 110	0x58	010 110 00	88
					Best_Effort	N/A	N/A	000 000 00	0	none

Tabla 1: Tipos de tráfico

Para las pruebas de ping con calidad de servicio, lo que se especifica en la prueba es el valor de Type of service, esto es el valor completo del Byte TOS del encabezado IP. Lo que se hace es que se le agregan 2 bits al final del valor binario del DSCP, el resultado final del TOS entonces equivale a 4 veces el valor de DSCP (Differentiated Services Code Point, diferencia el tipo tráfico, bit 0 a 5).

Ejemplo: Para un DSCP = 46 el valor de TOS es $46 \times 4 = 184$.

La tabla 2 que a continuación se muestra es una tabla rápida de tipos de tráfico.

Clase de Servicio	MPLS Experimental	Valor TOS
Default	0	0
Default_VPN	1	32
DatosVPN	2	64
Video	3	96
Administracion	4	128
Voz	5	160
Administracion	6	192
Administracion	7	224

La red se basa en los "MPLS experimental bits" (3 bits equivalentes al valor de IP Precedence), por lo tanto 8 combinaciones son suficientes para realizar pruebas.

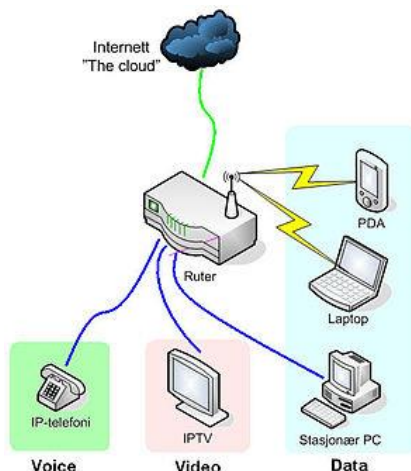
Tabla 2: Tabla rápida de tipos de tráfico

La tabla 3 indica las calidades de servicio que se dan de acuerdo al perfil.

Perfil	best effort	business	datos criticos	video	voz
pa01	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
pa02	75.00%	25.00%	0.00%	0.00%	0.00%
pa03	50.00%	50.00%	0.00%	0.00%	0.00%
pa04	25.00%	75.00%	0.00%	0.00%	0.00%
pa05	62.50%	25.00%	12.50%	0.00%	0.00%
pa06	12.50%	75.00%	12.50%	0.00%	0.00%
pa07	50.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
pa08	25.00%	50.00%	25.00%	0.00%	0.00%
pa09	25.00%	25.00%	50.00%	0.00%	0.00%
pa10	12.50%	12.50%	75.00%	0.00%	0.00%
pa11	0.00%	50.00%	25.00%	0.00%	25.00%
pa12	0.00%	25.00%	50.00%	0.00%	25.00%
pa13	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	50.00%
pb14	25.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%
pb15	12.50%	50.00%	12.50%	0.00%	25.00%
pb16	12.50%	12.50%	50.00%	0.00%	25.00%
pb17	12.50%	25.00%	12.50%	0.00%	50.00%
pb18	12.50%	12.50%	25.00%	0.00%	50.00%
pb19 ²					
pb20					
pb21	12.50%	12.50%	50.00%	25.00%	0.00%
pb22	12.50%	25.00%	25.00%	25.00%	12.50%
pb23	12.50%	25.00%	12.50%	25.00%	25.00%
pb24	12.50%	12.50%	25.00%	25.00%	25.00%
pb25	0.00%	12.50%	12.50%	25.00%	50.00%
pb26	15.00%	00.00%	35.00%	00.00%	50.00%
pb27	12.50%	12.50%	25.00%	50.00%	0.00%
pb28	0.00%	12.50%	12.50%	50.00%	25.00%
pb29	0.00%	10.00%	0.00%	90.00%	0.00%
pb30	0.00%	10.00%	0.00%	0.00%	90.00%

Tabla 3: Tabla de perfiles

Una de las tecnologías de telecomunicaciones que se adapta al triple play es FTTH (del inglés Fiber To The Home), también conocida como fibra hasta la casa o fibra hasta el hogar, enmarcada dentro de las tecnologías FTTx, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos.



15-Figura: Triple play [28]

El servicio conocido como Triple play consiste en la oferta de un solo paquete que contiene 3 servicios que como ya se mencionó son datos, video y voz, como se muestra en la figura 15. La fibra óptica es un medio físico que posee las características necesarias para poder extender el número de servicios siendo un medio predominante frente a otros, ya que por ejemplo el par de cobre por su baja capacidad de manejo en su tasa de datos y la saturación de los medios inalámbricos, hacen a la fibra óptica la mejor opción. En algunos casos ya se habla de servicios cuádruple-play al realizar una subclasificación en la telefonía ya que distingue móvil y fija.

Los servicios de voz, televisión y datos simplemente puede que sean tan solo un paquete mínimo de una mayor cantidad de prestaciones que puedan otorgarse a los consumidores, es así que ya se habla de multiple-play, obteniéndose abierta la terminología para acoplar sobre el canal cualquier otro servicio nuevo de comunicación, es así como la fibra óptica como medio físico puede otorgar servicios de telecomunicaciones con elevadas tasas de datos y evidentemente garantiza que se cubra la demanda futura.

2.-REDES DE FIBRA ÓPTICA

Una red óptica, se define, como una red de telecomunicaciones donde los enlaces de transmisión son de fibras ópticas, y la arquitectura se diseña para ser utilizada con estas características. El diseño e implementación exige una combinación compleja de elementos ópticos y electrónicos.

Como se sabe el aumento de ancho de banda ya es muy demandado por lo que en los sistemas actuales la tecnología de fibra y los sistemas de transmisión de canales por multiplexación densa de onda (DWDM) pueden satisfacer este incremento de ancho de banda. La implantación de redes ópticas, se justifica, ya que se tiene mayor ancho de banda por menor precio.

Por otro lado las redes de última generación basadas en fibra óptica implican una mejora tecnológica para el sector de las telecomunicaciones. Pues el reemplazar cobre por fibra permite mejorar drásticamente las redes actuales, alcanzando velocidades de acceso de más de 100 Mbps e incrementando el número y la calidad de los servicios que se prestan.

Para este capítulo se hablara un poco acerca de los elementos que conforman una red de fibra óptica, así como también de las redes pero de última generación, características, funciones, principales razones para la migración a estas redes, etc. También se mostraran ejemplos y mejoras de las redes de fibra óptica que hay actualmente.

2.1-Antecedentes de las redes de fibra óptica

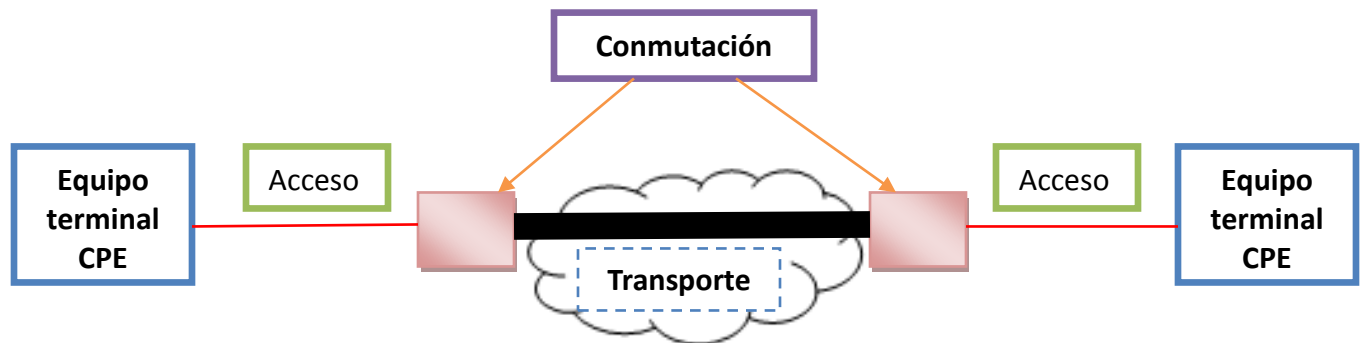
2.1.1- Las telecomunicaciones y el modelo de red.

Empezaremos por definir que son las telecomunicaciones, en términos de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

Telecomunicaciones: Toda emisión, transmisión o recepción de signos, señales, datos, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de hilos, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos, sin incluir la radiodifusión. [8]

El modelo de red:

En la actualidad las telecomunicaciones tienen muchos servicios que funcionan con diferentes tecnologías. Los principales servicios ofrecidos son voz, datos y video. Para ofrecer estos servicios se cuenta con una infraestructura de redes, estas redes tienen la estructura propuesta por el modelo de red, como se muestra en la figura 16. [3]

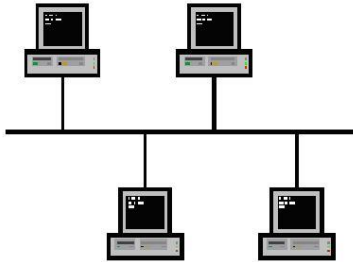


16-Figura: Modelo de red

2.1.2- Topologías básicas de red.

La topología de red se puede definir como la forma en que está diseñada la red, sea en el plano físico o lógico, se puede decir que es un conjunto de nodos interconectados. [21]

a) Topología de bus:



17-Figura: Topología de bus.[28]

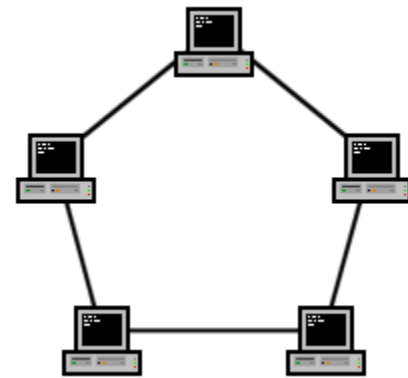
No posee redundancia. Un solo medio y todas las componentes se conectan a él.

- **Ventaja:** Los dispositivos son independientes, bajo costo y es simple programarlo. Detecta si alguien transmite para no hacerlo al mismo tiempo.
- **Desventaja:** Solo puede transmitir uno a la vez o hay coalición.

b) Topología de anillo:

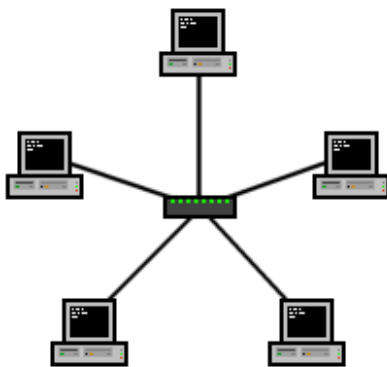
Es la más común, toma una vía alterna cuando hay una falla.

- **Ventaja:** Es escalable (proporciona una mejoría).
- **Desventaja:** Si se requiere agregar un dispositivo, tenemos que interrumpir la conexión.



18-Figura: Topología de anillo [28]

c) Topología de estrella:



19-Figura: Topología de estrella[28]

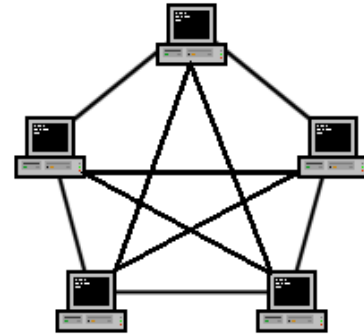
Si falla un enlace, solo será con un cliente.

- **Ventaja:** Es escalable.
- **Desventaja:** Si se descompone la central, toda la red se ve afectada.

d) Topología de malla:

Muy cara, pero muy eficaz.

- **Ventaja:** Si se descompone un elemento, sigue funcionando.
- **Desventaja:** No es escalable.

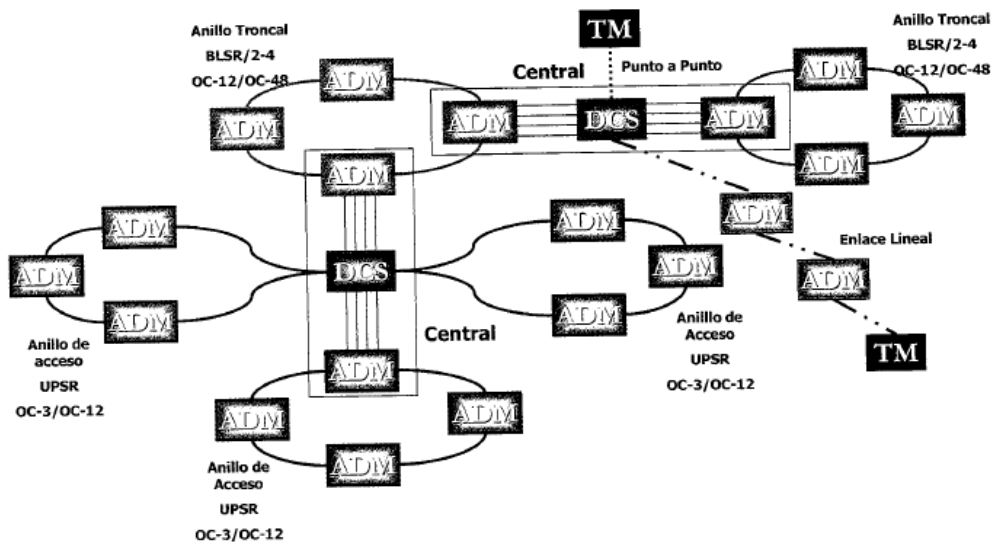


20-Figura: Topología de malla [28]

2.1.3- Redes ópticas de primera generación y de segunda generación

Redes ópticas de primera generación:

Las redes ópticas de primera generación se caracterizan por usar fibra óptica, como medio de transmisión, en lugar del cobre. Transportan casi exclusivamente señales SDH (Jerarquía Digital Síncrona, Europa) o SONET (Red Óptica Síncrona, América), como se muestra en la figura 21. En conclusión estas redes no se diferencian mucho en cuanto a su estructura, modelo, características y limitaciones, de las demás redes que no usan fibra óptica, excepto que se puede enviar información a altas velocidades. Se usaron principalmente para proveer capacidad de transmisión, todas las funciones inteligentes de la red, como la conmutación eran desarrolladas por dispositivos electrónicos. [3]



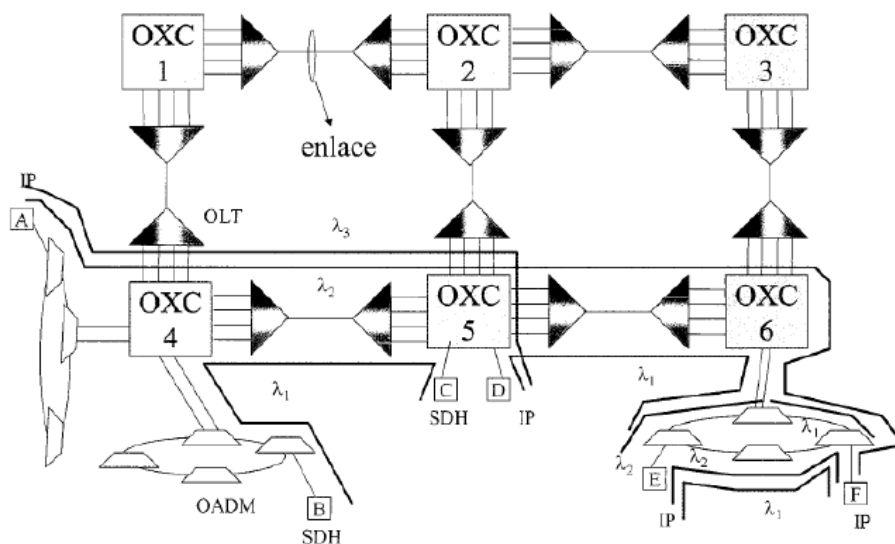
21-Figura: Red óptica de primera generación para transmitir SDH [3]

La red está formada por un conjunto de anillos interconectados. Los anillos de acceso transmiten señales de velocidad moderada, suelen transportar una sola longitud de onda. En la red troncal, se emplean anillos de fibra óptica de gran capacidad. Comúnmente los nodos que constituyen el anillo están conectados por enlace de fibra punto a punto que transportan una señal multiplexada en longitud de onda (WDM).

Independientemente de la técnica empleada para combinar las señales y formar un multiplexor de banda ancha, al llegar a cualquiera de los nodos de la red, la señal debe convertirse obligatoriamente a formato eléctrico, ya que cualquier operación debe realizarse de este modo. Se da el caso de que aproximadamente el 85 % del tráfico no va a dicho nodo, por lo que la operación de conversión a formato eléctrico va seguida a una conversión a formato óptico. Por lo que en muchos casos la señal se convierte para nada y así se desaprovechan recursos, los cuales podrían ahorrarse si se pudiera realizar solo en dominio óptico, esta cuestión trata de sustituirse en las redes ópticas de segunda generación. [3]

Redes ópticas de segunda generación

Se realizan las funciones de encaminamiento y conmutación dentro del dominio óptico, ahorrando equipos electrónicos en los nodos de las redes que emplean transmisión por fibra óptica. Todo esto se establece en una nueva capa, denominada capa óptica. La misión de la capa óptica es proporcionar una serie de circuitos o caminos ópticos a los clientes: terminales SDH, ATM, routers IP, etc, como se muestra en la figura 22. Un camino óptico es una conexión óptica extremo a extremo donde la transmisión en los enlaces entre nodos intermedios se realiza empleando una longitud de onda. La capa óptica de una red de segunda generación está formada principalmente por dispositivos fotónicos. [3]



22-Figura: Red óptica de segunda generación [3]

Se distinguen 3 elementos:

- a) **Terminales de línea ópticos:** OLTs (Optical Line Terminals). Se encargan de multiplexar/demultiplexar varias longitudes de onda de una o varias fibras de entrada a una o varias de salida.
- b) **Insertores/extractores de canales ópticos:** OADMs (Optical Add/Drop Multiplexers).
Toman una señal WDM del puerto de entrada extrayendo de forma selectiva algunas longitudes de onda hacia los puertos de salida
- c) **Matrices de conmutación óptica:** OXC (Optical Crossconnect). Es decir dispositivos capaces de conmutar una longitud de onda presente en uno de sus puertos en uno de los puertos de entrada hacia cualquier puerto de salida.[3]

2.1.4- Red de transporte y red de acceso.

Red de transporte:

Las redes de transporte óptico (en inglés Optical Transport Network, OTN) son un conjunto de elementos de red ópticos conectados mediante fibra óptica capaces de proveer transporte, multiplexación, enrutado, gestión y supervisión de las señales ópticas.

La red de transporte óptico según la norma G.709 permitirá que los operadores preparen el terreno para una infraestructura de red de servicios múltiples optimizada en tráfico IP. Las recomendaciones ITU-T G.872, G.709 y G.798 definen las Redes de Transporte Óptica (OTN) o Jerarquías de Transporte Óptico (OTH) como la nueva generación de tecnologías de transmisión digital. Impulsando longitudes de onda ópticas, la tecnología OTN ha permitido la transformación de las Redes de Transporte básicas en redes ópticas reales de múltiples longitudes de onda. [3]

Es la red troncal de las redes de telecomunicaciones, es el centro de todas las operaciones de los proveedores de redes. Esta "autopista" de fibra evoluciona todo el tiempo, crece, aumenta y se hace más compleja. La red troncal suele dividirse en dos "subredes":

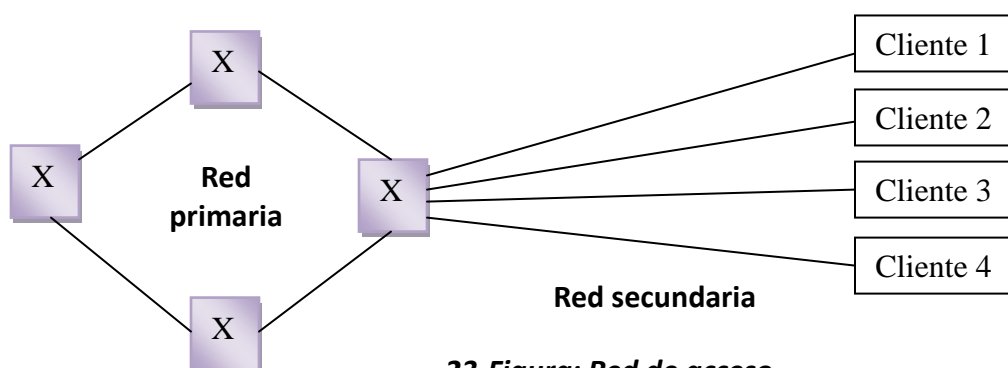
a) Redes de larga distancia:

Las redes de larga distancia conectan áreas metropolitanas entre sí o se interconectan con otras redes de larga distancia, permitiendo la conectividad interurbana e internacional sin problemas y con eficiencia. Las redes de larga distancia transportan muchos más datos que cualquier otro tipo de red y recorren distancias mucho mayores, que pueden llegar a cientos o miles de kilómetros.

Por otro lado se tienen las redes metropolitanas (o metro) son el puente entre las infraestructuras de primera milla, en las áreas urbanas (redes de acceso) y las redes de larga distancia. Combinan varias tecnologías de próxima generación, tales como transporte óptico en anillos de DWDM o WDM gruesa (CWDM), protocolos de transporte con conmutadores de circuito (SONET/SDH/PDH) y protocolos de datos tradicionales, como Ethernet, IP y canales de fibra. En los últimos años, gracias al desarrollo de la tecnología Ethernet de gigabits ópticos de nivel de portadora, Ethernet emergió como una solución líder en las redes de áreas metropolitanas (MAN).

b) Red de acceso:

Sirve para conectar a los usuarios a la red de transporte, se tiene una red primaria (Metro ring), la cual se conecta a la red de transporte y una secundaria, donde ya van conectados los clientes, como se muestra en la figura 23. Este tipo de redes se aplica en servicios de voz, datos y video, así como en redes privadas. Sus características principales son la capacidad, calidad y confiabilidad. [3]



23-Figura: Red de acceso

Son la parte final de las redes de telecomunicaciones, van desde el proveedor de servicios hasta el cliente, para grandes usuarios se basan en tecnología SDH. A las redes telefónicas se les han sumado tecnologías como DSL, para poder dar servicios de datos (internet) en ellas. La red de acceso consiste en un HUB u OLT (optical line terminal), nodos remotos (RNs) y unidades de interface de red (NIU). Diferentes tipos de redes de acceso con fibra, en base a la cercanía de la fibra al usuario final:

- a) **FTTC (Fiber to the curp):** Los datos son transmitidos digitalmente desde fibra óptica desde el HUB a los nodos de terminación de fibra llamados unidades ópticas de red (ONU). En esta arquitectura la fibra comúnmente está a una distancia de 100 metros del usuario final
- b) **FTTH (Fiber to the home):** La fibra llega hasta el usuario final.
- c) **FTTB (Fiber to the building):** La ONU se localiza en un edificio o conjunto de edificios, desde donde se distribuye la señal desde cobre hasta los usuarios finales.

2.1.5-Tecnología de transporte PDH (Jerarquía digital plesiocrona) y SDH (Jerarquía digital síncrona).

➤ PDH (Jerarquía digital plesiocrona)

Se desarrolló originalmente para transmitir tráfico telefónico, es difícil su empleo para la transmisión de datos. La unidad básica de PDH es una transmisión de 64 Kb/s que digitaliza una canal telefónico de 4 KHz con muestras de 8 bits. Existe la norma europea y la norma americana. Dado que los dos canales de 2 Mbps pueden ser generados por diferentes equipos con diferentes relojes de sincronía, no es fácil multiplexarlos, pues los datos no llegan a la misma velocidad, por lo que utiliza la multiplexación de canales no totalmente síncrono, de ahí el termino plesiocrono. Por ello se deben de agregar bits de justificación a los diferentes canales de 2 Mbps para tratar de sincronizarlos durante el multiplexaje. Se emplea multiplexación por división de tiempo (TDM). [20]

E1 agrupa 30 + 2 canales, uno de señalización y otro de sincronía, E2 es una multiplexación de 4 señales E1.Como se muestra en la tabla 4.

NIVEL	Canales	AMERICANO		Canales	EUROPEO	
		Kbps	Denominación		Kbps	Denominación
0	0	64	T0	0	64	E0
1	24	1544	T1	30	2048	E1
2	96	6312	T2	120	8448	E2
3	672	44736	T3	480	34368	E3
4	4032	274176	T4	1920	139264	E4

Tabla 4: Jerarquía PDH

Una de las limitaciones de PDH es que no es posible identificar canales individuales en un flujo binario de alta velocidad.

➤ SDH (Jerarquía digital síncrona)

Es un estándar para el transporte en telecomunicaciones. Surge a partir de la necesidad de soportar mayores anchos de banda y eliminar los inconvenientes de PDH. La multiplexación es directa al no disponer de bits de relleno, además de que la flexibilidad que aporta la sincronía así como la sencillez de la estructura recurrente de multiplexacion favorece que además de la voz se puedan transmitir datos con SDH.

Igual que PDH existe una norma americana además de la internacional, la norma americana se denomina SONET[20]. En una red síncrona como esta, todos los equipos se sincronizan con un reloj maestro global (stratum 1), se utiliza un puntero en cada contenedor virtual (VC) para indicar el comienzo exacto del mismo. SDH se emplea tanto en fibras ópticas como en microondas, así como en redes de largas distancia o metropolitanas e inclusive de acceso.

La unidad básica de transmisión SDH es la transmisión por tramas STM-1 que corresponde a una velocidad de 155.52 Mbps. Se puede transmitir a mayor velocidad formando agregados estándar mediante la multiplexación entrelazada de las columnas de señales STM-1, como se muestra en la tabla 5. [23]

SONET	SDH	Mbps
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-12	STM-4	622.08
STS-24		1244.16
STS-48	STM-16	2488.32
STS-192	STM-64	9953.32
STS-768	STM-256	39814.32

Tabla 5: Jerarquía SDH

Funciones principales de las redes SDH y desventajas:

- Transporte de la información entre 2 puntos de forma eficiente y segura.
- Gestión total de los servicios (configuración, mantenimiento, evaluación de la performance, etc).
- Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos.
- Un STM1 tiene la capacidad de agrupar varios E1 y T1 de forma multiplexada, es decir, se universaliza las velocidades ocupando los VC correspondientes, la capacidad del STM1 es suficiente.
- Una desventaja es que algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.

2.1.6-Técnicas de multiplexaje en redes ópticas

La multiplexación sirve para soportar grandes requerimientos de ancho de banda, es decir para poder utilizar de manera más eficiente la capacidad de transmisión de un sistema. Por lo que es más barato transmitir datos a alta velocidad sobre una fibra que utilizar varias.[2]

Existen dos maneras básicas de incrementar la capacidad de transmisión de una red optica:

1. Incrementando el bit rate (la tasa de transmisión de datos).
2. Utilizando multiplexaje por longitud de onda (WDM)

Se utiliza multiplexaje TDM (Time Division Multiplexing), para lograr incremento en el bit rate. La tasa de transmisión más alta disponible utilizando esta técnica es de 10 Gbps (STM-64). Es el tipo de multiplexaje más utilizado en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo). [2]

Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

Es una tecnología que se utiliza en la transmisión de varias longitudes de onda (también denominadas colores) sobre una misma fibra sin interferencia mutua; cada longitud de onda representa un canal óptico dentro de la fibra. Un sistema WDM posee métodos ópticos que permiten combinar dichos canales dentro la fibra y extraerlos en puntos apropiados a lo largo de la red. Al transmitir simultáneamente varios canales, se logra incrementar el ancho de banda del medio de transmisión, el cual es equivalente a la capacidad individual de cada longitud de onda por el número de estas. Un sistema básico utiliza un multiplexor para unir las señales y un demultiplexor para separarlas. El sistema puede ser unidireccional o bidireccional, de acuerdo con los dispositivos de multiplexaje. En el caso bidireccional, la información se transmite en canales diferentes para cada sentido. Usa longitudes de onda muy espaciadas, se usaba de dos a ocho canales, que estaban espaciados en un intervalo de unos 400 GHz en la ventana de 1.550 nm. [2]

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

Los sistemas DWDM han evolucionado hasta el punto de que son capaces de tener de 64 a 160 canales en paralelo y espaciados cada 25 o 50 GHz.

Actualmente se están implementando redes NG-DWDM que soportan 640 canales reconfigurables, aplicando conceptos de MPLS y ASON (Automatically Switched Optical Network) que permiten no sólo aumentar la capacidad sino realizar ingeniería de tráfico para optimizar las redes ópticas.[11]

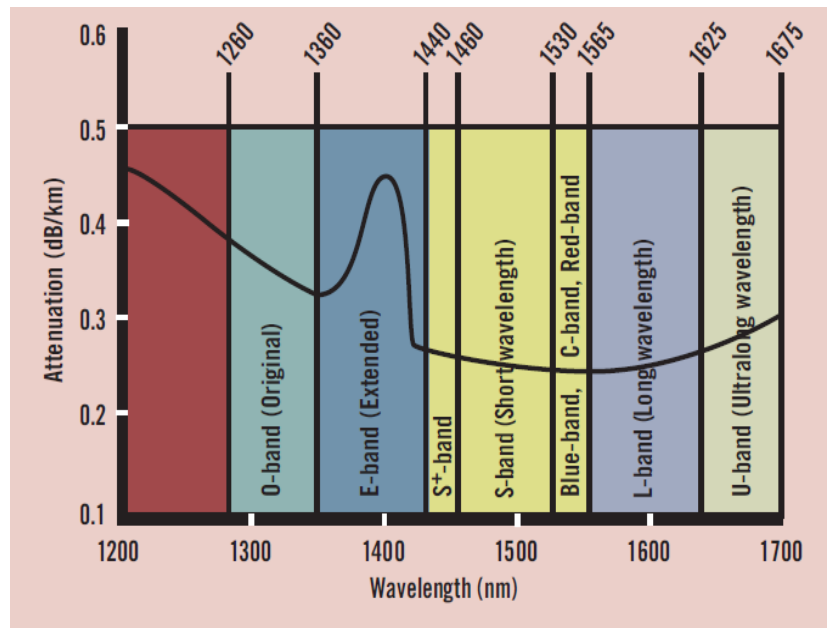
La clasificación está basada en el espaciamiento que existe entre dos longitudes de onda contiguas, como se muestra en la figura 24, por lo que tenemos lo siguiente:

- a) CWDM espaciamiento entre canales mayor a 200 GHz (hasta 18 λ s).
- b) DWDM espaciamiento entre canales menor a 100 GHz (hasta 160 λ s).
- c) UDWDM espaciamiento entre canales menor a 25 GHz (más de 160 λ s).

Nota: Espaciamiento de 100 GHz = 0.8 nm

Las bandas disponibles para DWDM son:

- Banda C (1530 a 1525 nm, 35 nm)
- Banda L (1565 a 1610 nm, 45 nm)



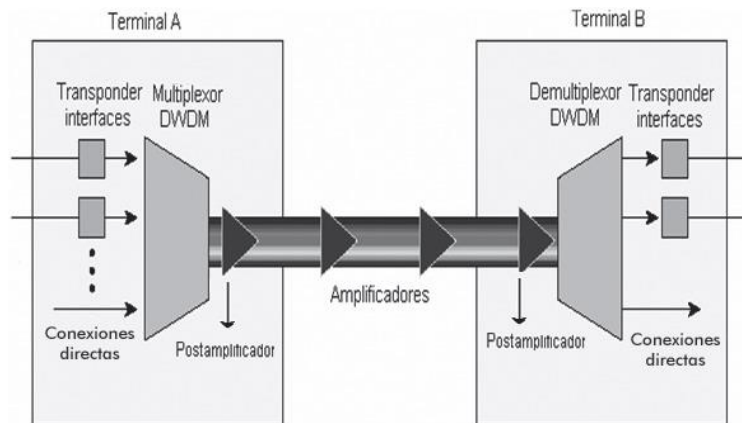
24-Figura: Bandas disponibles en DWDM [3]

Una de las ventajas de DWDM es que requiere menos fibras y por lo tanto menos equipo usando amplificadores ópticos en un 75 %. Varias λ s simultáneamente sobre una sola fibra óptica, cada una con diferente información.

DWDM usa:

- 1) **Amplificadores:** La señal entra óptica y sale óptica
- 2) **Repetidores:** Conversión opto-eléctrica a electro-óptica. Triple R (Reshaping, Retiming (pone en fase una señal), Retransmit).

La anatomía de un sistema DWDM es la que se muestra en la figura 25:



25-Figura: Anatomía de un sistema DWDM [2]

1. **El transponder:** Usa interferometría óptica. Sirven para convertir la señal entrante (puede ser de un láser estándar monomodo o multimodo) a una longitud de onda DWDM. Hace el proceso de las 3 Rs ((Re-shaping, Re-timing, Retransmit).
2. Cada longitud de onda DWDM del transponder se multiplexa en una sola señal óptica y se envía en la fibra óptica.
3. **Post-amplificador:** Para combatir la atenuación. Amplifica potencia de la señal óptica mientras sale del sistema. Los amplificadores o repetidores ópticos se utilizan a lo largo de la fibra según se necesiten.
4. Después se demultiplexa la señal en lambdas individuales DWDM. Estas lambdas son mapeadas y enviadas a los transponders. Si el cliente tiene servicio de fibra óptica, sus equipos deben contar con interfaces para recibir la señal. Esta función la pueden realizar, por ejemplo, los transreceptores ópticos (convertidores optoelectrónicos).

Tipos de DWDM:

- a) **Unidireccional:** Equipos que trabajan con dos fibras, una para Tx y otra para Rx (la más común). Ideal para alta capacidad.
- b) **Bidireccional:** Una fibra para Tx y Rx, lambdas de recepción diferentes a las de transmisión, menor ancho de banda. Ideal cuando hay escasas de fibras.
- c) **DWDM activo:** Para larga distancia, uso de amplificadores ópticos o regeneradores. Los repetidores son necesarios típicamente después de unos 600 Km.
- d) **DWDM pasivo:** Para pequeñas distancias, sin amplificador o regenerador.

Los sistemas DWDM tienen una gran importancia en la capa óptica, la cual es responsable del transporte de las señales a través de la red. [3]

2.1.7-La capa óptica y sus características

Las redes ópticas de segunda generación agregan otra capa, llamada capa óptica. Esta capa proporciona lightpaths (Ruta de luz. Conexión entre dos nodos en la red. Tiene una λ dedicada en cada enlace y no forzosamente es la misma en toda la trayectoria).

Ejemplos de capa de cliente que se encuentran arriba de la capa de red óptica de segunda generación, incluye IP, ATM, SONET/SDH y MPLS. En las redes metropolitanas existen capas de cliente tales como Gigabit Ethernet, ESCON (Enterprise Serial Connection and Fibre Channel (estas capas son usadas para interconectar computadoras y sus periféricos en redes llamadas storage-area networks). Las redes ópticas proveen funciones que están dentro de la capa física. Sin embargo la capa óptica por si misma incorpora algunas subcapas de enlace de datos y red (capas 2 y 3), por ejemplo:

- a) El multiplexaje y el demultiplexaje de λ s (OADM, capa 2)
- b) Conmutación de λ s (circuitos, OXC, capa 3)

La función principal de la capa óptica es que consiste en transformar las señales eléctricas de las capas superiores a las longitudes de onda definidas por las recomendaciones de la UIT-T para los sistemas DWDM en la banda de los 1550nm, además debe cuidar que el BER de extremo a extremo de cada canal óptico debe ser mejor que 10^{-12} . Los Amplificadores ópticos deben ser capaces de lograr amplificar la señal sin necesidad de llevar a cabo la regeneración óptico-eléctrico-óptico para mayores distancias.

Los caminos ópticos proporcionados por la capa óptica pueden ser transparentes al formato, protocolo y velocidad de datos, una vez establecidas las conexiones. En tal circunstancia se dice que la red es transparente (Maneja cualquier tipo de información a cualquier tasa y cualquier protocolo). Dichos caminos se caracterizan por la asignación de una longitud de onda específica que se encarga de transportar señales de formato eléctrico, es decir, capas cliente. La transparencia posee las siguientes ventajas:

- a) Posibilidad de proporcionar diferentes servicios en una única infraestructura.
- b) La posibilidad de que la infraestructura de la red soporte modificaciones en los formatos y futuros protocolos.

Una red todo óptica (All optical network) es aquella en la que los datos se transportan desde el nodo origen al nodo final en formato óptico sin que sufra conversiones opto-electrónicas ni electro-ópticas intermedias. Sin embargo las redes totalmente ópticas están limitadas por ciertos parámetros de la capa física como son el ancho de banda y la relación señal a ruido (SNR). Las redes de segunda generación no son totalmente ópticas ya que una cierta cantidad de equipo electrónico.

Las redes ópticas de segunda generación se consideran redes basadas en conmutación de circuitos dado que se basan en el establecimiento y liberación de caminos ópticos. Ante el

crecimiento anual, de la transmisión de datos sobre los servicios de voz, se plantea la posibilidad de que las redes ópticas dispongan de una capa óptica que también proporcione el servicio de conmutación de paquetes en el dominio óptico, de modo que la red dé soporte a servicios basados en el establecimiento de circuitos virtuales y servicios de tipo datagrama. [3]

En conclusión la capa óptica desempeña las siguientes funciones:

- a) Multiplexaje de longitudes de onda
- b) Conmutación y ruteo de longitudes de onda
- c) Monitoreo del desempeño de la red en varios niveles

2.2-Redes ópticas de nueva generación.

La convergencia de servicios, aplicaciones y dispositivos impulsa el beneficio del cliente, pues obtiene cada vez más y mejores servicios, a un costo competitivo. Las Redes de Nueva Generación NGN (New Generation Networks) son una realidad que permite avanzar hacia la consecución de estos objetivos. La agrupación de teléfono, Internet y televisión conocido en la industria de las telecomunicaciones como servicios Triple Play, se ha convertido en el centro de atención de los nuevos modelos de negocio. Las fronteras del mercado tradicionalmente familiares entre las redes fijas, móviles telefonía y redes de datos están desapareciendo más y más rápidamente. Esto le da al cliente la ventaja de que puede obtener una muy amplia gama de servicios, independientemente de su tecnología de acceso. Este desarrollo requiere de una infraestructura, más allá de las redes existentes; una red central para todas las redes de acceso. Esta nueva red se llama la red de próxima o nueva generación. El Protocolo de Internet es el factor de integración más importante, ya que está disponible a nivel mundial y, al menos en principio, se puede utilizar casi todos los servicios y aplicaciones en todas las redes

Existen numerosas definiciones de NGN, sin embargo, por su validez internacional, se considera la definición dada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT –T) en la Recomendación Y.2001, que define una NGN como: una red con un servicio de extremo a extremo para voz, datos y multimedia, ya que es una red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso no restringido tanto a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Esta definición sugiere que tanto las funciones referentes a los servicios como al transporte, se pueden ofrecer separadamente. Todos los servicios se basan en el protocolo de Internet (IP). Se usan redes IP por su flexibilidad y la sencilla integración de nuevas aplicaciones. [18]

Las redes de nueva generación (NGN) buscan reemplazar el cobre por la fibra óptica, esto permite mejorar las prestaciones de las redes actuales, alcanzando velocidades de acceso de más de 100 Mbps e incrementando el número y la calidad de los servicios que se prestan.

2.2.1- Características principales de una red de nueva generación

De acuerdo a la recomendación Y.2001 del UIT-T, las características principales de las NGN, son las siguientes:

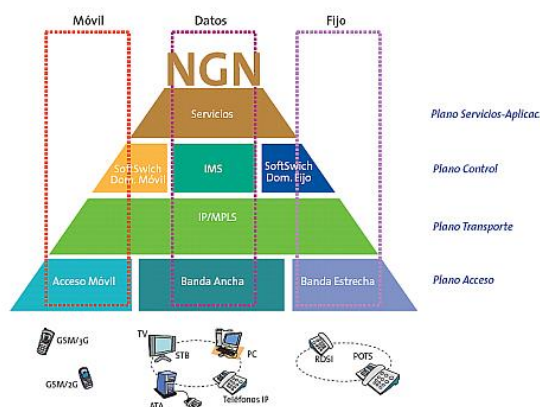
- La transferencia estará basada en paquetes.
- Desacoplamiento de la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia).
- Capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo. Tendrá interfuncionamiento con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios.
- Diferentes esquemas de identificación.
- Características unificadas para el mismo servicio, como es percibida por el usuario.
- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
- Soporte de las múltiples tecnologías de última milla.
- Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo en cuanto a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc.

Estas características, se enfocan en la necesidad de atender la demanda de servicios del usuario a través de nuevas herramientas tecnológicas, que le reporten beneficios en términos de costos, calidad de los servicios prestados y diversidad de servicios. [6]

2.2.2-Arquitectura de una red de nueva generación

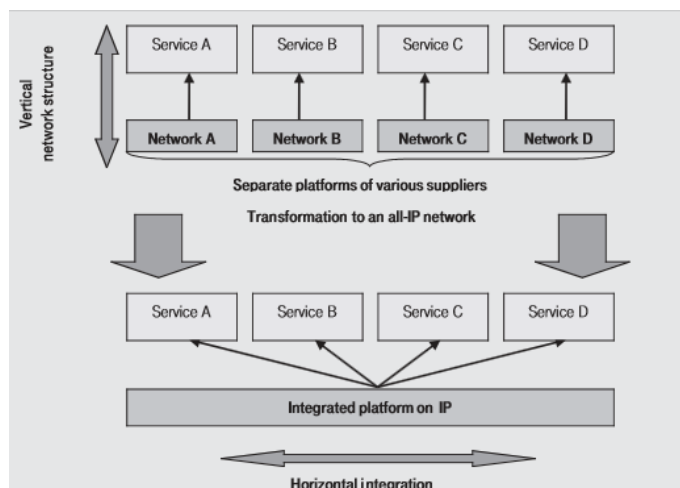
La arquitectura de una NGN y su organización funcional deben ser tales que permitan la operación de nuevos servicios, para ello deben de operar con flexibilidad, es decir, transmisión en tiempo real o diferida, diferentes velocidades de transferencia, calidad de servicio adaptable y la posibilidad de dirigirse a diferentes tipos de audiencias (transmisión punto a punto, punto a multipunto, difusión), como se muestra en la figura 26. Los servicios deben de estar separados del transporte, esto es, la provisión de los servicios es independiente de la red por la que transmiten, lo que además permite que su evolución no esté ligada a la infraestructura de la red. Debe existir interoperabilidad o interconexión con las redes tradicionales (con la red telefónica de pares de cobre). Debe de haber movilidad para el usuario. Con esta cuestión se ha planteado si las redes deben de ser neutras, es decir, la consolidación de varias redes de transporte (dedicadas) construidas históricamente a partir de diferentes servicios individuales (normalmente basados en protocolos IP y Ethernet). Las redes neutras de una NGN es una red IP. Se trata de una plataforma de transporte normalizado que consta de varios routers IP y conmutadores. Por ello la arquitectura de una NGN se identifica con 4 niveles, estos niveles deben estar interconectados con interfaces abiertas que permitan la integración de nuevos servicios. Siendo los siguientes:

1. **Servicios:** Este nivel se ocupa de la conexión lógica con los usuarios, ahí se realiza la mayor parte de la gestión de datos.
2. **Control:** Es el control de los componentes individuales, permite la comunicación entre el nivel de servicios y el de transporte.
3. **Transporte:** Infraestructura que ofrece los niveles de conectividad y de calidad de servicio requeridas por el nivel de servicios.
4. **Acceso:** Cualquier acceso de banda ancha que sirva para hacer llegar al usuario las aplicaciones que este solicite. La elección de la tecnología ya sea fibra, cobre o inalámbrica, es una cuestión de costos y debe de considerar las infraestructuras existentes, la demanda de ancho de banda del usuario y su movilidad. [18]



26-Figura: Arquitectura de un NGN [28]

El objetivo de una NGN es operar en una amplia gama de tecnologías de acceso y de comunicaciones bajo un medio común en una futura red de IP. Esta convergencia permite una transición de una vertical a una integración de servicios horizontal, como se muestra en la figura 27. En las estructuras de redes verticales, servicios (por ejemplo, servicios de telefonía, servicios de TV) sólo puede ser recibido con redes adecuadas y los dispositivos finales pertinentes. Con un enfoque horizontal, por otro lado, los usuarios en el futuro tendrán la posibilidad de la utilización de los servicios deseados independientemente de la plataforma y la tecnología, con un único dispositivo final.



27-Figura: Zona de acceso[18]

En las Redes de Nueva Generación existe una separación bien definida entre la porción de red de transporte (conectividad) y los servicios que corren por encima de esa red. Esto quiere decir que siempre que un proveedor telefónico desee habilitar un nuevo servicio, puede hacerlo fácilmente definiéndolo desde la capa de servicio directamente sin tener en cuenta la capa de transporte. Los servicios proporcionados serán independientes de la infraestructura de red. La tendencia actual es que estos servicios, incluyendo la voz, se inclinen hacia la independencia de red y normalmente residan en los dispositivos de usuario (teléfono, PC, receptores TDT, etc).

El IMS (IP Multimedia Subsystem) es un conjunto de especificaciones que describen la arquitectura de las redes NGN, para soportar telefonía y servicios multimedia a través de IP. Más concretamente, IMS define un marco de trabajo y arquitectura base para tráfico de voz, datos, video, servicios e imágenes conjuntamente a través de infraestructura basada en el ruteo de paquetes a través de direcciones IP. Esto permite incorporar en una red todo tipo de servicios de voz, multimedia y datos en una plataforma accesible a través de cualquier medio con conexión a internet, ya sea fija, o móvil. Sólo requiere que los equipos utilicen el protocolo de sesión SIP (Session Initiation Protocol) que permite la señalización de sesiones. Actúa como la capa de control de una red de nueva generación NGN. [18]

2.2.3- Funcionalidad y servicios que proporcionan las NGN

Los avances en los últimos años conducen a redes tipo IP, con acceso óptico (FTTN o FTTH). Estas redes son más baratas, integran todos los servicios que requiere el usuario. Los operadores de servicios están asumiendo la creación de redes de nueva generación, capaces de acomodar las consecuencias de los cambios que se están produciendo en la actualidad y que se caracterizan por:

- a) La rápida sustitución de las terminales por otras cada vez más avanzadas y con más capacidades multimedia, como pueden ser nuevas PC, terminales móviles u otros dispositivos, como reproductores MP3.
- b) La demanda de servicios innovadores, que implican la necesidad de disponer de accesos con alto potencial de intercambio de información. Algunos de estos servicios, como los relacionados con la recepción de imágenes de video y televisión, marcan un avance que sobrepasa las capacidades de las redes de cobre.
- c) Costos operativos menores y una capacidad mayor.
- d) La inversión en la parte troncal y de servicios de las redes es significativamente menor, por lo que su sustitución no provoca grandes problemas. No ocurre lo mismo, en las redes de acceso, cuya sustitución por las nuevas infraestructuras y cableados de fibra óptica, requieren inversiones importantes.
- e) La tendencia hacia el modelo de "triple play" con inclusión de servicios de ocio (TV, juegos en red) generadores de un altísimo tráfico.

La aportación fundamental de estas redes de nueva generación y, en particular, de su núcleo, es la convergencia, que permite que podamos hablar de servicios de datos, de voz y de vídeo más innovadoras que las de hasta ahora.

Ahora bien, los servicios que habilitan y permiten las redes de nueva generación emergentes, como son IMS o más generalmente arquitecturas de red basadas en IP son:

- i) VoIP.
- ii) IPTV.

Aplicaciones basadas en presencia:

- a) Mensajería instantánea.
- b) Servicios basados en localización.

El servicio de VoIP anterior a IMS es una parte clave de los también llamados despliegues "triple-play". Estos tipos de despliegue consisten en tres servicios, normalmente: voz, video y datos [18]. En ocasiones, se denominan también servicios "quad-play", a los que consisten en el mismo paquete anterior pero que está orientado para dispositivos móviles.

La migración hacia NGN constituye un elemento fundamental para lograr la convergencia de redes y servicios, y específicamente para desarrollo de la banda ancha. Esta migración consiste en pasar de las redes PSTN (The Public Switched Telephone Network) ó RTPC (Redes Telefónicas Públicas Conmutadas), basadas en voz a NGN basadas en el protocolo IP. En este sentido, las redes PSTN no estaban diseñadas para la entrega unidireccional de radio o televisión, de modo distinto, el Internet fue diseñado para el transporte en tiempo no real de paquetes. Estas redes están estableciendo un cambio de redes PSTN separadas y redes IP hacia redes unificadas basadas en protocolo de Internet con plataformas multiservicio y basadas en paquetes de servicios (en las cuales la voz es solamente una de las gamas de servicios disponibles).

Dentro de las principales razones para la migración hacia Redes de Nueva Generación, se pueden citar las siguientes:

- a) Eficiencia de costos: economías de alcance propias de una única red troncal basada en IP y reducción de costos operativos al permitir la eliminación de centrales locales.
- b) Diversificación de fuentes de ingresos: erosión de ingresos por rubros tradicionales (paso de la voz a la banda ancha).
- c) Demanda de los consumidores de mayores velocidades de transmisión.
- d) Presión competitiva: prestadores de TV por cable, empresas eléctricas, proyectos municipales/públicos y proveedores alternativos.

La migración hacia NGN no significa la sustitución total de las redes ya existentes, sino por el contrario, la integración de las redes de telefonía convencionales. Esto significa que las redes tradicionales pueden evolucionar, adaptarse y hacer parte de las NGN, para mantener las inversiones. La modernización de acceso es la base para proveer los nuevos servicios y aplicaciones (datos, voz y multimedia) en la misma red. Las NGN irán reemplazando progresivamente elementos y áreas de las RTPC tradicionales, construyendo en base a xDSL, acceso de fibra y con la convergencia de servicios o aplicaciones fijo móvil e Internet. [18]

Aquí es importante señalar que la migración a NGN trae consigo tanto ventajas como preocupaciones. Dentro de las ventajas se pueden citar: la disponibilidad de una gran variedad de servicios y fácil movilidad entre ellos, la posibilidad del usuario para elegir el tipo de acceso que más se adecue a sus necesidades ya sea atendiendo a criterios de precios ó calidad del servicio, y la mayor velocidad de transmisión, entre otras.

Sin embargo, a pesar de todas las ventajas mencionadas, surgen algunas preocupaciones como que la migración a NGN puede traer consigo un desarrollo desigual del despliegue de estas tecnologías tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. De esta manera, surge la necesidad de analizar un esquema de cobros con el mismo precio tanto para consumidores urbanos como rurales (esta política se conoce como tasación geográfica uniforme) , lo que constituiría una alternativa para atenuar las desigualdades

entre grupos de consumidores o áreas geográficas. De esta manera, el despliegue de infraestructura propia de las NGN en estas áreas, sería más costoso y menos rentable que si el despliegue se lleva a cabo en áreas urbanas densamente pobladas.[20]

2.2.4- Aspectos necesarios para el diseño e implementación de una red de fibra óptica de nueva generación.

El diseño de una red de fibra óptica es el proceso especializado que culmina con la instalación y el funcionamiento exitoso de este tipo de redes. El diseño como tal, puede llegar a ser un poco complicado, ya que el encargado del diseño debe de considerar muchos factores como son, la velocidad de transmisión, la atenuación del enlace, el medio ambiente, los tipos de cables, tipos de fibras, equipo disponible, conectores ópticos, empalmes, protocolos, etc. Además, para diseñar una red de fibra óptica suele ser necesario interconectarse con otras redes que pueden estar conectadas por un cableado de cobre y por una red inalámbrica. Por ello solo se dará una explicación simplificada del proceso que se lleva al diseñar este tipo de redes. Todo este proceso puede ser más simple si se siguen las instrucciones del fabricante al momento de la instalación. Estas instrucciones normalmente suministran la suficiente información para seleccionar la fibra óptica adecuada para una instalación sencilla. [22]

También, se debe considerar los requisitos de los permisos, los derechos de paso (ductos, postería, etc), las autorizaciones y las inspecciones. Una vez que se tiene a esa etapa, se debe tener en cuenta la selección de los componentes, la ubicación, las prácticas de instalación, las pruebas, la instalación y puesta en funcionamiento del equipamiento de red y de solución de problemas. Por último, se debe analizar la documentación, el mantenimiento y la planificación de una restauración en el caso de que se produzca una interrupción en el futuro. Cabe mencionar que el diseño no solo afecta a las cuestiones técnicas de la instalación, sino también a las cuestiones de negocios.

Antes que nada es necesario determinar junto con el dueño de la red dónde se construirá la red y qué señales de comunicación transportará. Una vez que el cableado sale de las instalaciones, incluso en enlaces de corta distancia como en una red LAN a nivel campus o una red de área metropolitana, los requisitos de los tipos de fibra y de cables varían. Primero, debe prestarse atención a los tipos de equipamiento necesarios para los sistemas de comunicaciones, la velocidad de la red y las distancias que cubrirá y, luego, se analiza todo lo relativo a la red de cables. El equipamiento del sistema de comunicaciones determinará si se necesita o se prefiere la fibra y, en ese caso, qué tipo de fibra.[22]

La primera decisión que se toma es si se usaran fibras monomodo o fibras multimodo.

Ventajas de las fibras monomodo:

- Tienen la capacidad de transmitir un mayor ancho de banda y son ideales para transmisión a larga distancia.
- Tienen una atenuación más baja que las fibras multimodo.
- Los cables de fibras monomodo son más económicos que los de los cables de fibra multimodo.
- Se dispone de fibras monomodo para longitudes de onda de 1310 y 1550 [nm].

Ventajas de las fibras multimodo:

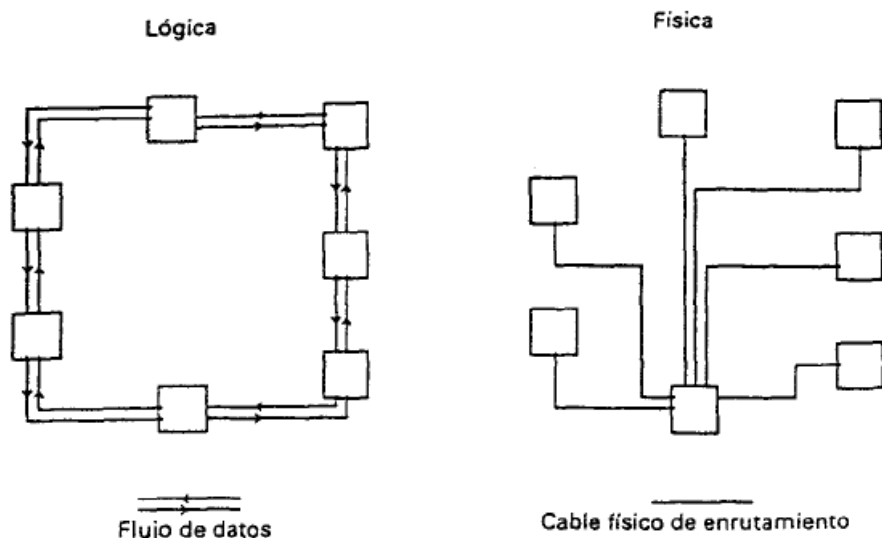
- Se adapta mejor a cortas distancias, por debajo de los 2 [km].
- El ancho de banda es más dependiente de su longitud.
- El equipamiento óptico para fibras multimodo es generalmente más económico. Se utilizan diodos LED como generadores de luz.
- El cable de fibra multimodo es más caro que el de fibra monomodo, pero como se usa para distancias cortas el ahorro en el equipo óptico puede equilibrarse con el costo.
- La fibra multimodo es adecuada para longitudes de onda de 850 a 1310 [nm]

Dos factores importantes a considerar en el diseño de redes ópticas son las pérdidas totales del enlace (son las pérdidas totales de potencia de luz, debida a todos los factores, empalmes, conectores, atenuación de la fibra, curvaturas en los cables, etc) y el máximo ancho de banda del propio enlace, este ancho de banda está limitado por las propiedades del equipo óptico y por los parámetros de las mismas fibras ópticas. El ancho de banda de las fibras ópticas decrece al aumentar la longitud de la fibra óptica. Por lo tanto es necesario conocer la longitud de cable que llevara la instalación y así trabajar con el equipo óptico adecuado. Todos los factores que contribuyen a la creación de pérdidas de potencia óptica se incluyen en el estudio del enlace por parte del fabricante.

Después se debe de tomar en cuenta la utilización de estándares de cableado, ya que muchos documentos relacionados con el diseño de la red de cables se enfocan en los estándares de la industria que se aplican a los sistemas de comunicaciones y a las redes de cables. Estos estándares los crean los fabricantes de productos destinados a otros fabricantes, y no a usuarios o instaladores. Se puede decir que los estándares son “especificaciones acordadas mutuamente para el desarrollo de los productos”. Garantizan que los productos que pertenecen a distintos fabricantes funcionen de manera conjunta adecuadamente. Los fabricantes que crearon los estándares y desarrollan los productos que cumplen con estos estándares brindan material informativo para los clientes.

Las redes de fibra óptica deberían ser configuradas para dotar al sistema de la suficiente flexibilidad y versatilidad que permita obtener todos los beneficios de una fibra óptica. Los sistemas deberían de ser instalados según un plan de explotación del cable de fibra óptica

diseñado cuidadosamente. Las topologías de la red, se pueden clasificar en lógicas y físicas, de las primeras ya se habló con anterioridad, la cual describe el método por el cual se comunican los nodos unos con otros, en cambio una topología física es el trazado real físico del cableado y de los nodos de la red, como se muestra en la figura 28. La topología física depende del medio y se puede implementar con la misma configuración que la topología lógica. [8]



28-Figura: Topologías lógicas y físicas. [3]

Existen hasta hoy, 4 topologías lógicas estándar:

1. **Punto a punto (Point to Point):** Enlaza directamente dos dispositivos entre sí. Las aplicaciones incluyen conexiones de ordenadores con módems, enlaces de multiplexado, enlaces de radio bidireccionales y enlaces vía satélite.
2. **En estrella (Star):** Es una configuración de enlaces punto a punto que tienen un nodo en común. Las aplicaciones incluyen sistemas telefónicos PBX (Private Branch Exchange o Central Secundaria Privada Automática) y sistemas multi-estación de monitoreo de video.
3. **En enlace común (Bus):** Todos los dispositivos se conectan a un bus de transmisión, en este bus, la transmisión tiene lugar en ambas direcciones. Cuando un dispositivo transmite información, todos los demás dispositivos reciben información al mismo tiempo. Esta topología en enlace común es el estándar IEEE 802.3 y 802.4. Las aplicaciones incluyen ETHERNET y token bus.
4. **En anillo (Ring):** Tiene todos los nodos conectados en un anillo. La transmisión tiene lugar por un cable en una dirección sobre el anillo. Las aplicaciones de esta topología incluyen token ring (IEEE 802.5) y FDDI (ANSI X3T9.5).[3]

Elegir el equipo de transmisión es el paso siguiente en el diseño de una red de fibra óptica. Este paso suele ser una oportunidad de colaboración entre el cliente, que conoce los tipos de datos que se necesitan transmitir, el diseñador e instalador y los fabricantes

del equipamiento de transmisión. El equipo de transmisión y la red de cables están íntimamente relacionados. Como ya menciono con anterioridad, la distancia y el ancho de banda ayudarán a determinar el tipo de fibra óptica que se necesita, y de eso dependerán las interfaces ópticas de la red de cables. La facilidad para elegir el equipo puede depender del tipo de equipos de comunicación que se necesiten.

Casi todos los equipos de telecomunicaciones cumplen con las convenciones de la industria, por eso, es posible que se encuentre equipo para la transmisión de las telecomunicaciones para enlaces cortos (en general, redes de área metropolitana que pueden alcanzar los 20 o 30 km) y para enlaces de larga distancia tan extensos como las redes instaladas por debajo del mar. Todos funcionan con fibra monomodo.

Los enlaces de telecomunicaciones más cortos utilizan láseres de 1310 nm en las fibras monomodo comunes, denominadas fibras G.652, que es un estándar internacional. Las distancias más largas utilizan la fibra de dispersión desplazada, optimizada para operar con láseres de 1500 nm (fibra G.652). En casi todas las instalaciones se utiliza una de estas dos opciones. La mayoría de las compañías de telecomunicaciones ofrecen ambas opciones.

La elección del equipo de transmisión se vuelve más complicada en lo que respecta a los datos y a la televisión en circuito cerrado (CCTV), ya que las aplicaciones son muy variadas y no existen estándares de regulación. Además, es posible que el equipo no esté disponible en las opciones de transmisión de fibra óptica, con lo cual es necesario utilizar dispositivos denominados conversores de medios para realizar la conversión de los puertos de cobre a los puertos de fibra.

Es posible revisar los estándares y determinar, para cada una de las opciones de equipo, cómo son los niveles de transmisión a través de los distintos tipos de fibra y, así, elegir la que se ajusta a sus necesidades. La mayor parte del hardware de red, como los switches o los encaminadores, están disponibles en las interfaces de fibra óptica opcionales, pero las computadoras suelen incorporar solo interfaces de cables UTP de cobre que requieren conversores de medios.

Cualquiera que sea la instalación, es importante que el usuario final y el contratista del cableado conversen con el fabricante del hardware de transmisión acerca de cuál será exactamente la instalación, para asegurarse de adquirir el equipamiento adecuado.

Una vez que se decidió utilizar la fibra óptica y se eligió el equipamiento apropiado para la instalación, es momento de determinar con exactitud cuál será la ubicación de la red de cables y el hardware. Debe recordarse que cada instalación es única. La ubicación exacta de la red de cables estará determinada por las ubicaciones físicas a lo largo de todo el trazado, por los códigos y leyes locales de la construcción, y por otras personas involucradas en el diseño.[22]

Tan pronto como sea posible, se debe visitar el área en el que se instalará la red. Es

necesario transitar a pie o en un vehículo el área donde se instalara la red, para determinar las mejores opciones para la ubicación del cable, los obstáculos que deben evitarse o superarse, y los organismos locales que pueden tener ideas acerca del encaminamiento del cable. En general, los gobiernos de las ciudades o de otras localidades disponen de información acerca de los conductos disponibles o de las normas que rigen la utilización de postes telefónicos o de energía, lo que puede ahorrar tiempo de diseño y esfuerzo.

En las instalaciones realizadas dentro de edificios ya construidos, debe inspeccionar cada área para tener la certeza absoluta de que conoce cómo es realmente el edificio y, luego, hacer anotaciones en los planos para reflejar la situación real, en especial, todos los obstáculos para el tendido de los cables, el hardware, y las paredes que requieren sistemas de protección contra incendios que no aparecen en los planos existentes.

La elección de los componentes de la red de fibra óptica para enlaces de larga distancia comienza con el trazado de la red de cables. Una vez que el trazado está establecido, queda claro dónde se instalarán los cables, dónde están los empalmes y dónde se hará la terminación de los cables. Todo eso determina qué debe elegirse con respecto al tipo de cable, al hardware y, en algunas oportunidades, a la metodología de instalación.

La mayoría de los proyectos comienza con la elección del cable. Como las instalaciones de enlaces de larga distancia suelen demandar grandes longitudes de cables, los cables pueden fabricarse de manera personalizada para optimizar una instalación determinada. Para brindar especificaciones acerca del cable, es necesario saber cuántas fibras están incluidas en cada cable y de qué tipo son. Es importante entender que la fibra, en especial la fibra monomodo que se utiliza en casi todas las instalaciones de enlaces de larga distancia, es económica y la instalación es costosa. Elegir una fibra monomodo es fácil; la fibra monomodo básica de 1300 nm (denominada fibra G.652) es adecuada para todo excepto para enlaces largos o para los enlaces que utilizan la multiplexación por división de longitud de onda. Es posible que esas instalaciones requieran de una fibra especial optimizada de 1500 a 1600 nm (G.653 o G.654). [22]

Las maneras de construir los cables para enlaces de larga distancia están específicamente orientadas a la fortaleza del cable, según si estos estarán enterrados de manera directa o dentro de conductores, ubicados bajo el agua, o instalados en el aire sobre postes. Así como los tipos de cable, los tipos de hardware de la red de cables son muy diversos y deben elegirse de manera tal que sean compatibles con los tipos de cable que se utilizan. Al haber tantas opciones de hardware, trabajar con los fabricantes de cable es la manera más expeditiva de elegir el hardware y garantizar la compatibilidad. Además de la compatibilidad con el cable, el hardware debe ser el adecuado para el lugar de instalación, que puede ser en exteriores, sobre postes, bajo tierra, bajo el agua, dentro de transformadores tipo pedestal, de contenedores o de edificios. En la elección de los componentes, el empalme y la terminación son las últimas categorías que deben elegirse. La mayoría de las fibras monomodo de enlaces de larga distancia se empalman

por fusión debido a que esto brinda baja pérdida, baja reflectancia y confiabilidad. La elección de los componentes para la instalación de fibra óptica en enlaces a corta distancia está influenciada por varios factores, entre los que se incluyen la elección del equipo de comunicaciones, el encaminamiento físico de la red de cables, los códigos y las normativas de la construcción. Si se diseña una red corporativa de tipo LAN, es probable que se incluya una red troncal (*backbone*) de fibra óptica para conectar las habitaciones donde están las computadoras a las salas de conexiones. Las salas de conexiones albergan los switches que convierten la red troncal (*backbone*) de fibra a cables UTP de cobre para los escritorios conectados por cable, y a cobre o a fibra para los puntos de acceso a la red inalámbrica.

Al igual que en el diseño de enlaces de larga distancia, se analiza primero la elección de la fibra. La mayoría de las redes en enlaces de corta distancia utilizan la fibra multimodo; sin embargo, muchos usuarios ahora instalan cables híbridos con fibras monomodo para ampliaciones futuras.

En las instalaciones en enlaces de corta distancia, el cable suele ser de distribución. Los cables de distribución poseen más fibras dentro de un cable de diámetro más pequeño, pero la terminación debe estar dentro de los paneles de conexiones o de las cajas de terminación montadas en la pared. Los cables de distribución ocupan más lugar pero permiten la conexión directa sin el hardware, por eso, son adecuados para su uso industrial. La elección del conector de fibra óptica también está sufriendo modificaciones. Los conectores ST, e incluso los SC, están quedando relegados debido al éxito del conector LC que es más pequeño. Dado que la mayoría de los equipos de alta velocidad (gigabit y superior) utilizan conectores LC, utilizarlos en la red de cables significa que debe haber compatibilidad con un solo conector. El conector LC no es compatible con los conectores SC y ST. Los cables de las instalaciones en enlaces de corta distancia deben instalarse separados de los cables de cobre para evitar que se aplasten y se rompan. El hardware que se necesita para la instalación se elige según el lugar en el que se realizará la terminación de los cables. En las instalaciones en enlaces de corta distancia las conexiones suelen ser punto a punto y no se realizan empalmes. [22]

Finalmente el proceso de diseño es el siguiente:

- Requisitos de las comunicaciones de enlace.
- Trazado del enlace elegido, inspeccionado, requisitos especiales anotados, incluidos los permisos y las inspecciones.
- Especificar los requisitos del equipo de comunicaciones y los componentes
- Especificar los componentes de la red de cables.
- Coordinar con el personal de las instalaciones, personal de electricidad y otros.
- Documentación completa y lista para la instalación.
- Detallar el plan de pruebas.
- Detallar los planes de restauración.

3.-REGULACIÓN, ESTÁNDARES Y NORMAS, DE LAS FIBRAS ÓPTICAS Y DE LAS REDES DE ÚLTIMA GENERACIÓN.

En este capítulo se mencionaran los organismos y se analizaran los estándares o normas de sistemas de fibra óptica y las redes de última generación. Estos repercuten directamente en la construcción tanto del diseño lógico, como del diseño físico de una red de fibra óptica, ya que si no se cumple con estos parámetros, algunos servicios simplemente no funcionarían de una manera óptima. Estos estándares tienen las siguientes funciones básicas:

- Facilitar la interconexión y la interoperabilidad de los diferentes sistemas y redes de telecomunicaciones de todos los países del mundo.
- Asegurar que un equipo comprado de un fabricante pueda conectarse y operar con los de otros fabricantes.
- Facilitar la portabilidad de equipo dentro de diferentes regiones y para diferentes aplicaciones, de tal manera que el mercado se incremente para lograr una reducción de costos debido a economías de escala.

3.1-Conceptos básicos de regulación, estándares y normalización

➤ Regulación:

La regulación se define como el acto de reglamentar total o parcialmente el sector de las telecomunicaciones en un país. Es la salvaguarda contra el monopolio, la teoría económica y la práctica política, reconoce la necesidad de regular a los monopolios, ya sea a través de un regulador específico del sector y/o mediante las autoridades de competencia propias de cada país.

Un concepto más sencillo puede ser:

La regularización son las reglas para promover la sana competencia entre los servicios, para beneficio de los usuarios.

Es la política pública que tiene como objetivo garantizar que la regulación genere mayores beneficios que costos y el máximo beneficio para la sociedad. La mejora regulatoria asegura que la regulación responda al interés público, en términos de promover el buen funcionamiento de los mercados, incremente la competitividad de la economía, genere empleos, mejore la distribución del ingreso y, en general, eleve el nivel de bienestar de la población.

➤ **Norma:**

Las normas son documentos que contienen descripciones técnicas o criterios precisos, para sean empleados consistentemente como reglas, guías o definiciones que aseguran que los materiales, productos, procesos o servicios son adecuados para los fines a que se destinan.

Por su propia naturaleza, las telecomunicaciones tienen un carácter universal en la sociedad de hoy. Estas diversidades, hacen que sea ineludible la necesidad de la existencia de organismos de normalización de las telecomunicaciones de ámbito internacional. Los organismos de telecomunicaciones de ámbito internacional han de considerar la relevancia creciente de las estructuras legales, económicas, industriales y técnicas que, por ende, difieren de un país a otro. Las actividades de normalización deben tener en cuenta, que los requisitos de los proveedores de servicios y usuarios se incrementan día a día, y que estos no sólo más numerosos sino cada vez más sofisticados.

En las telecomunicaciones, nuevas tendencias surgen: globalización, reestructuración, multiplicidad de servicios de valor agregado, convergencia tanto de servicios como de tecnologías, acuerdos regionales, etc. Como es lógico, para facilitar el intercambio comercial y la prestación de servicios entre diferentes países, es necesario favorecer el desarrollo de la normalización en el mundo.

Las normas se pueden clasificar en dos tipos, de acuerdo a la forma en que son elaboradas o implantadas, en:

- a) voluntarias
- b) obligatorias o reglamentarias.

a) Normas voluntarias (Estándar):

Son documentos que no son obligatorios, aunque su cumplimiento suele ser pedido por los usuarios o garantía de protección a sus intereses.

Se refiere a un modo o método establecido, aceptado y normalmente seguido para realizar determinado tipo de actividades o funciones. Un estándar es un parámetro que se utiliza para ciertas circunstancias o espacios y es aquello que debe ser seguido en caso de recurrir a algunos tipos de acción.

Al mismo tiempo, esta idea supone la de cumplir con reglas que son de importante cumplimiento a fin de que se obtengan los resultados esperados y aprobados para la actividad en cuestión. Esto es especialmente así en el caso de procedimientos de estandarización que se utilizan para corroborar el apropiado funcionamiento de maquinarias, equipos o empresas de acuerdo a los parámetros y estándares establecidos.

Sin embargo, estandarización también puede hacer referencia a la idea de que un elemento, producto, conocimiento o forma de pensar se iguala a los demás. Supone que un producto es fabricado de acuerdo a determinadas reglas de estandarización y por tanto se realiza de igual manera en México, o en cualquier parte del mundo. La estandarización, entonces, es en este sentido el fenómeno mediante el cual los diferentes procesos de fabricación globales convergen hacia un único estilo que predomina a nivel mundial y que busca establecer similitudes sin importar de dónde provengan estos o hacia donde vayan.

b) Normas Obligatorias o Reglamentarias

Este tipo de normas aparecen en reglamentos, razón por la cual son de carácter obligatorio, como por ejemplo reglamentos relacionados con la seguridad, la salud, la construcción, cuestiones ambientales, etc. Este tipo de normas son elaboradas por Dependencias Gubernamentales o por Organismos de Normalización a petición y con la colaboración de algunas decencias gubernamentales. Si no se cumplen este tipo de normas es causa de sanciones.

Si una norma voluntaria pasa a formar parte de un reglamento se convierte en norma obligatoria

Los organismos mundiales de normalización reconocidos a tal efecto son:

1. CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) para el ámbito eléctrico y electrotécnico.
2. ISO (Organización Internacional para la Normalización) para el resto de sectores de la técnica.
3. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) para el sector de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información.

Algunas ventajas de la normalización son las siguientes:

Para los fabricantes:

- Racionaliza variedades y tipos de productos
- Disminuye los costos de producción
- Mejora la gestión y el diseño
- Agiliza el tratamiento de los pedidos
- Facilita la comercialización de los productos y su exportación
- Simplifica la gestión de compras

Para los consumidores o usuarios:

- Establece niveles de calidad y seguridad de los productos y servicios
- Informa de las características del producto

- Facilita la comparación entre diferentes ofertas

Para las administraciones:

- Simplifica la elaboración de textos legales
- Establece políticas de calidad, medioambientales y de seguridad
- Ayuda al desarrollo económico
- Agiliza el comercio

Para la economía en general:

- Es un proceso para la racionalización de la producción
- Es un proceso que ayuda a la clarificación de transacciones
- Es un proceso que contribuye a la innovación y desarrollo de los productos
- Es un proceso que permite la transferencia o aplicación de nuevas tecnologías
- Es un proceso que permite a las compañías adecuarse a un ambiente competitivo

3.2- Organismos que normalizan la fibra óptica y las redes de nueva generación.

La fibra óptica al igual que otros medios de transmisión de datos esta normalizado por varios organismos que especifican las normas físicas, las características y los estándares para la fabricación e instalaciones. Los organismos que la rigen son:

- **ANSI (American Standards Institute):** Organización privada fundada sin fines de lucro en 1918, la cual administra y coordina, el sistema de estandarización voluntaria del sector privado de los Estados Unidos.
- **EIA (Electronics Industry Association):** Fundada en 1924, desarrolla normas y publicaciones sobre las principales áreas técnicas: los componentes electrónicos, electrónica del consumidor, información electrónica y de telecomunicaciones.
- **TIA (Telecommunications Industry Association):** Fundada en 1985, desarrolla normas de cableado industrial voluntario para muchos productos de las telecomunicaciones y tiene más de 70 normas preestablecidas.
- **ISO (International Standards Organization):** Organización no gubernamental creada en 1947 a nivel mundial, de cuerpos de normas nacionales, con más de 140 países.
- **IEEE (Instituto de Ingenieros, Eléctricos y de Electrónica):** Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y las normas de Gigabit Ethernet.

Ahora hablaremos de las organizaciones que regularizan las redes de última generación (NGN).

- **UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):** A principios de 2002, la UIT empezó a trabajar con las normas NGN. La UIT estableció un grupo temático FGNGN (Focus Group on Next Generation Networks) para trabajar en relación con redes fijas y móviles, así como la calidad del servicio en DSL, la autenticación, seguridad y señalización. Recientemente, el FGNGN ha finalizado sus tareas relativas a la primera serie de normas para NGN. Esta especificación, conocida como NGN Versión 1, consiste en un marco global de servicios, capacidades y funciones de redes que constituyen una NGN, como se describe en la Recomendación Y.2001.
- **ETSI (European Telecommunications Standards Institute):** ETSI contempla las cuestiones de normalización de las NGN desde 2001. El comité técnico TISPAN (The Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks) está a cargo de todos los aspectos de la normalización para redes convergentes actuales y futuras, incluido el Protocolo de Transmisión de la Voz por Internet (VoIP) y las NGN.
- **ATIS (Automatic Terminal Information Service):** ATIS ha producido un marco de referencia para las NGN con requisitos de alto nivel y principios rectores. La primera parte de dicho marco se refiere a las definiciones requeridas y la arquitectura de las NGN para que las nuevas redes se conecten sin interrupciones con los sistemas de comunicaciones. La segunda parte documenta las fases y prioridades de las capacidades de las redes para que las NGN y sus servicios se introduzcan de manera coherente. La ATIS ha colaborado con el UIT-T, TISPAN y 3GGP para formular una perspectiva general coherente de las NGN. La ATIS favorece la arquitectura IMS (IP Multimedia Subsystem), y la considera la tecnología apropiada para respaldar nuevos servicios de valor agregado.
- **IETF (Internet Engineering Task Force):** IETF no trabaja con las NGN como tema individual, pero sus grupos de trabajo tienen la responsabilidad de formular o extender los protocolos existentes para cumplir requisitos tales como los convenidos para las NGN en otros organismos normalizadores. Algunas de las actividades de normalización realizadas por el IETF respecto de las NGN son el SIP (Session Initiation Protocol: protocolo de iniciación de sesiones), el MEGACO (Media Gateway Control: protocolo de control de pasarelas de medios), la SIPPING (Session Initiation Proposal Investigation: investigación de propuesta de iniciación de sesiones), el NSIS (Next Steps in Signaling: próximos pasos en la señalización), el IPv6, la MPLS (Multiprotocol Label Switching: conmutación por etiquetas multiprotocolo), la ENUM (Telephone Number Mapping: correspondencia de números telefónicos), etc. [3]

3.3- Principales estándares aplicados para la fibra óptica y las redes de nueva generación.

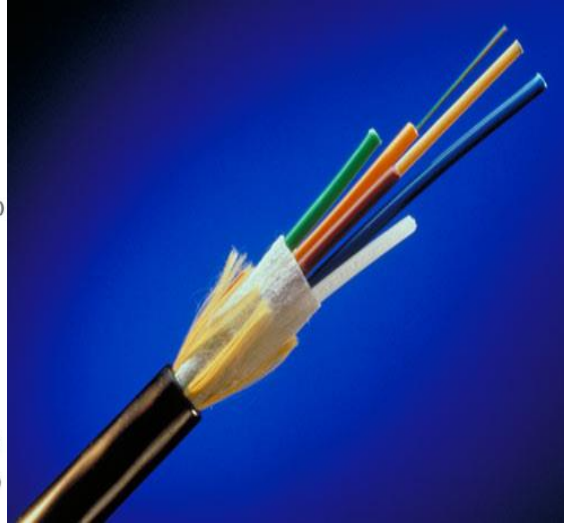
- **ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA 598-A OPTICAL FIBER CABLE COLOR CODING:** Se refiere a una agrupación de fibras, cada grupo será compuesto por 2, 4, 6 hasta 12 fibras ópticas. El objetivo de esta norma es proporcionar un proceso de identificación uniforme para fibra óptica por cable de codificación de color de las fibras individuales y de la funda (dependiendo de para que sea destinada la fibra, el color de la funda cambia). Además menciona los 12 colores:

1. Azul
2. Rojo
3. Naranja
4. Negro
5. Verde
6. Amarillo
7. Café
8. Morado
9. Gris
10. Rosa
11. Blanco
12. Aqua

Cuando múltiples fibras están alojadas en un solo tubo de protección, el código de colores permite identificar fácilmente las fibras individuales, además cuando el primer grupo ya sea utilizado por completo, se creará otro grupo teniendo en cuenta la clasificación según la norma, como se muestra en la figura 29. De esta manera podemos tener desde 2 hasta 144 fibras en un solo cable. [24]




- Grupo 1: Azul y sus 12 colores
- Grupo 2:Naranja y sus 12 colores
- Grupo 3:Verde y sus 12 colores
- Grupo 4:Café y sus 12 colores
- Grupo 5:Gris y sus 12 colores
- Grupo 6:Blanco y sus 12 colores
- Grupo 7:Rojo y sus 12 colores
- Grupo 8:Negro y sus 12 colores
- Grupo 9:Amarillo y sus 12 colores
- Grupo 10:Morado y sus 12 colores
- Grupo 11:Rosa y sus 12 colores
- Grupo 12:Aqua y sus 12 colores

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)



29-Figura: Código de colores de la fibra óptica [29]

Existen dos tipos de cable de fibra identificados por la normativa actual, con el color naranja y el color amarillo. Estos dos colores sirven para distinguir de forma muy rápida el tipo de fibra con el que se trabaja. El color amarillo nos indica que es una fibra monomodo y el color naranja que es una fibra multimodo. Los cables de fibra para exteriores tienen la cubierta de color negro, los cuales deben de tener una leyenda impresa de identificación de las cantidades y tipos de fibras dentro del cable, como se muestra en la figura 30. [24]

	MaxCap-BB-OM3/OM4 400, 800, LSZH, 525, 825, LSZH25, todas las series de interconexión, riser, plenum y LSZH
	MMF - 62.5/50µm, OM1/OM2+ 400, 800, LSZH, 525, 825, LSZH25, todas las series de interconexión, riser, plenum y LSZH
	Monomodo mejorado incluyendo BB-XS 400, 800, LSZH, 525, 825, LSZH25, todas las series de interconexión, riser, plenum y LSZH
	Híbrido 400, 800, LSZH, 525, 825, LSZH25, todas las cables interiores-exteriores y cables de planta exterior independientemente del tipo de fibra

30-Figura: Código de colores de la fibra óptica para cubiertas [29]

- **ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3:** Fue publicado en el 2000, el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 indica los requerimientos mínimos para componentes de fibra óptica utilizados en el cableado en ambientes de edificio, tales como cables, conectores, hardware de conexión, patch cords e instrumentos de prueba, y establece los tipos de fibra óptica reconocidos, los que pueden ser fibra óptica multimodo de 62.5/125 µm y 50/125 µm, y monomodo.[24]

Se especifica un ancho de banda de 160/500 MHz•Km para la fibra de 62.5/125 μm y de 500/500 MHz•Km para la fibra de 50/125 μm , y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km para los largos de onda de 850/1300 nm en ambos casos respectivamente.

- **Anexo ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1:** Publicado en el 2002. Contiene especificaciones adicionales para la fibra óptica de 50/125 μm para soportar la transmisión serial a 10 Gbps mediante tecnología VCSEL a 850 nm hasta una distancia de 300 m, (máxima distancia establecida por el estándar para el backbone interior). A este tipo de fibra se le conoce como fibra óptica optimizada para láser (OM3). La fibra de 50/125 μm OM3 está especificada para un ancho de banda de 1500/500 MHz•Km y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km @ 850/1300 nm.
- **ESTÁNDAR IEEE 802.3ae:** Publicado en el 2002. Este estándar especifica 10 Gigabit Ethernet a través del uso de la Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC) IEEE 802.3, por medio de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD), conectada a través de una Interfaz Independiente del Medio Físico de 10 Gbps (XGMII) a una entidad de capa física tal como 10GBASE-SR, 10GBASE-LX4, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW y 10GBASE-EW, permitiendo 10 Gbps hasta 40 km y garantizando una Tasa de Bits Errados (BER) de 10^{-12} . 10GBASE-R es la implementación más común de 10GBE y utiliza el método de codificación 64B/66B, en el cual 8 octetos de datos se codifican en blocks de 66 bits, los cuales son transferidos en forma serial al medio físico a una velocidad de 10 Gbps. 10GBASE-W es una opción que, mediante el encapsulamiento de las tramas 10GBASE-R en tramas compatibles con SONET y SDH, permite la conexión a la WAN. Por su parte, 10GBASE-LX4 utiliza el método de codificación 8B/10B, dividiendo las tramas de datos de 32 bits y 4 bits de control en 4 grupos de 10 bits que se transmiten en forma simultánea e independiente, cada uno a una velocidad de 2,5 Gbps, mediante Multiplexación por División de Largo de Onda (Wavelength-Division Multiplexed-Lane, WDM).

Su operación es en modo full dúplex y se encuentra especificada para operar sobre fibra óptica. Las letras "S", "L" y "E" hacen referencia al largo de onda de operación (S=Short Wavelength – 850 nm, L=Long Wavelength – 1300/1310 nm, E=Extra Long Wavelength – 1550 nm).

Ahora bien, las recomendaciones o normas pertinentes para una fibra monomodo o multimodo, son las emitidas por la serie G de la UIT, que normaliza a los sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales.

En todo el mundo se están instalando a un ritmo acelerado cables de fibra óptica en las redes de telecomunicaciones. Estas fibras tienen diversas aplicaciones en las redes de acceso local, las redes intercentrales y de larga distancia, así como en las redes submarinas. [24]

Para su estudio se deben tener en cuenta las siguientes esferas de normalización:

- La descripción y el ensayo de tipos básicos de fibras monomodo y multimodo, con especificaciones de parámetros en los que se describan las variaciones dentro de cada uno de esos tipos básicos.
- Definición de los parámetros y los métodos de prueba para determinar las características de fiabilidad geométricas, de transmisión y mecánicas.

Las Recomendaciones de la UIT-T que definen los parámetros de las fibras son las siguientes:

- **G.650:** Definición y métodos de prueba de los parámetros pertinentes de las fibras monomodo.
- **G.651:** Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm .
- **G.652:** Características de un cable de fibra óptica monomodo.
- **G.653:** Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.
- **G.654:** Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.
- **G.655:** Características de un cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula.

En todo el mundo se están instalando redes de fibra óptica a un ritmo acelerado en los sistemas de telecomunicaciones. Las reformas estructurales conducentes a una mayor privatización de las redes de telecomunicaciones han creado un entorno que exige la interconexión y el interfuncionamiento entre los diferentes operadores de sistemas ópticos. Al mismo tiempo, se está evolucionando con rapidez hacia una infraestructura basada en paquetes (de tipo IP) que propicia el funcionamiento de redes integradas multiservicios en redes metropolitanas e interurbanas. Esta evolución se ve estimulada por la demanda de servicios de datos a velocidades binarias siempre superiores, el acceso a Internet a alta velocidad, y otros servicios innovadores. Este contexto da lugar a una demanda de sistemas de transporte óptico a velocidad binaria superior (Terabit/s) en las redes internas de las oficinas, las redes intercentrales y de larga distancia de los diversos operadores. [24]

Actualmente los operadores de redes, además de seguir utilizando la jerarquía digital plesiócrona (PDH) en algunas redes y recurrir cada vez más a la jerarquía digital síncrona (SDH) a escala mundial, comienzan a instalar cada vez más redes de transporte ópticas (OTN). Las OTN utilizan las tecnologías de multiplexión por división en el tiempo (TDM) y multiplexión por división de longitud de onda (WDM) o bien la multiplexión de la frecuencia óptica (optical frequency multiplexing OFM). Se necesitan especificaciones para las interfaces de capa física de los sistemas OTDM y WDM, incluida la OTN, para permitir la evolución de las redes internas de oficina, las redes intercentrales y de larga

distancia, con el fin de favorecer la disponibilidad universal de servicios de gran anchura de banda de la próxima generación. Esas especificaciones deberían permitir, en la mayor medida posible, la compatibilidad transversal en un entorno de múltiples vendedores y operadores de red.

Para esto se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones publicadas o en proyecto:

- **G.664:** Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte.
- **G.955:** Sistemas de línea digital basados en las jerarquías de 1 544 kbit/s y 2 048 kbit/s en cables de fibra óptica.
- **G.957:** Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona.
- **G.691:** Interfaces ópticas para sistemas STM 64, STM 256 monocanal y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos.
- **G.692:** Interfaces ópticas para sistemas multicanales con amplificadores ópticos.
- **G.959.1:** Interfaces de la capa física de la red de transporte óptica.
- **G.871:** Marco de las Recomendaciones sobre la red de transporte óptica.
- **G.911:** Parámetros y metodología de cálculo de la fiabilidad y la disponibilidad de los sistemas de fibra óptica.

En cuanto a las redes de nueva generación, existen dos recomendaciones importantes, creadas por el UIT-T.

- **Recomendación UIT-T Y.2001:** El objetivo de esta recomendación es que se utilice como información básica para contribuir al desarrollo de recomendaciones, normas y directrices de implementación relativas a las redes de próxima generación. La recomendación identifica las características y capacidades fundamentales que debería poder soportar una NGN.

El objetivo de la NGN es asegurar que todos los elementos necesarios para la interoperabilidad y las capacidades de red soporten aplicaciones mundialmente a través de la NGN, pero manteniendo el concepto de separación entre transporte, servicios y aplicaciones.

El concepto de NGN (red de próxima generación) se ha introducido para tener en consideración las nuevas realidades en la industria de telecomunicaciones, caracterizadas por factores tales como: competencia entre operadores debido a la desregulación en curso de los mercados, explosión del tráfico digital, (por ejemplo, la utilización creciente de la "Internet"), demanda creciente de nuevos servicios multimedia, demanda creciente de una movilidad general, convergencia de redes y

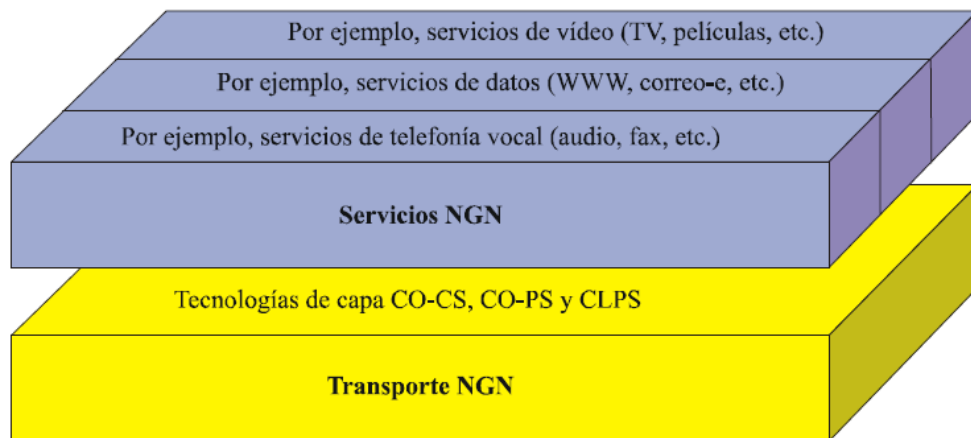
servicios, etc. Un objetivo primordial de NGN es facilitar la convergencia de redes y la convergencia de servicios.

La NGN proporciona los mecanismos de seguridad para proteger el intercambio de información sensible a lo largo de su infraestructura, para protegerse contra el uso fraudulento de los servicios proporcionados por los proveedores de servicios y proteger su propia infraestructura contra ataques externos. [6]

- **Recomendación UIT-T Y.2011:** Esta Recomendación especifican los principios generales y un modelo de referencia general de las redes de próxima generación. Aquí se describen los principios generales aplicables a las redes de próxima generación (NGN), así como un modelo de referencia básico de las NGN, que se basa en los fundamentos genéricos especificados en la infraestructura mundial de la información.

El factor diferenciador de las características de la NGN es la separación entre servicios y transporte, de modo que los servicios puedan ofrecerse por separado y evolucionar independientemente. En general, en el estrato de transporte (define los mecanismos utilizados para transportar una unidad de datos, de un nodo a otro, cualquiera que sea su posición en la red), puede utilizarse cualquier tipo, o todos ellos, de tecnologías de red, en particular las tecnologías de capa con conmutación de circuitos orientada a la conexión (CO-CS, connection-oriented circuit-switched), con conmutación de paquetes orientada a la conexión (CO-PS, connection-oriented packet-switched) y con conmutación de paquetes sin conexión (CL-PS, connectionless packet-switched). En el marco de las NGN se considera que el protocolo Internet (IP) puede ser el protocolo preferido para la prestación de servicios de NGN así como para el soporte de los servicios tradicionales.

Los servicios pueden ser, por ejemplo, servicios de voz (incluido el servicio de telefonía), servicios de datos (no limitándose éste a los servicios basados en la web), o servicios de vídeo (no limitándose tampoco a las películas y a los programas de televisión), o una combinación de éstos (por ejemplo, servicios multimedia, como la telefonía vídeo y los juegos, como se muestra en la figura 31.[5]



31-Figura: Separación entre servicios y transporte de las NGN[8]

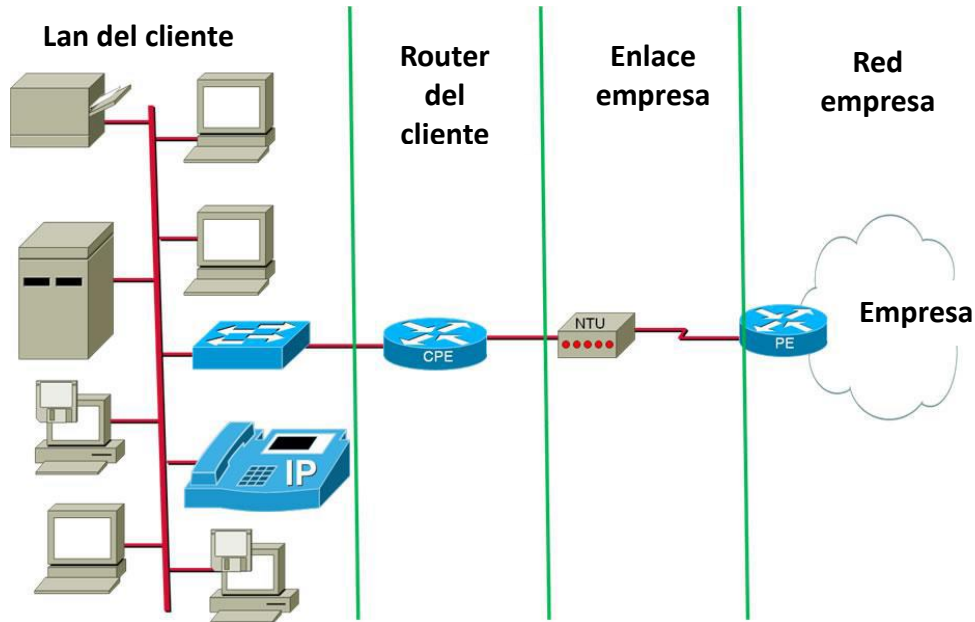
Una característica fundamental de la NGN es la capacidad de suministrar una gran variedad de servicios, incluidos voz, vídeo, audio y datos visuales, mediante servicios basados en sesión e interactivos en los modos unidifusión, multidifusión y difusión. Basándose en la separación de los servicios y transporte en la NGN, la convergencia se centra en las técnicas de transmisión y las funciones de red y no en la definición de contenido. Asimismo, es posible utilizar indistintamente tecnologías alámbricas e inalámbricas para la entrega de servicios.

La NGN puede emplearse de manera coherente en cualquier instante o en cualquier lugar a través de diferentes entornos que emplean equipos de terminales convergentes (es decir, equipos terminales que son capaces de aceptar todos los servicios) en un entorno digital. La entrega simultánea de todos los tipos de contenido permiten su presentación simultánea en un mismo equipo terminal (TE, terminal equipment) o en dispositivos separados, según sea necesario.

La convergencia que ofrece la NGN con capacidades de banda ancha permite ofrecer nuevos modelos de servicio. Por ejemplo, sería posible la difusión a múltiples participantes y utilizar esta difusión con las comunicaciones interactivas, incluidos los servicios inalámbricos, para aplicaciones tales como videoconferencia, comercio electrónico, cibereducación, ciber salud, etc. Un ejemplo típico es la combinación de la ciberenseñanza con el servicio de videoconferencia. [7]

4.-TIPOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA.

En este capítulo se describirá cómo están estructuradas la mayoría de las empresas donde se brindan los servicios básicos que se proporciona al cliente para acceso a los servicios de VPN e IDE, así como también como está conformada actualmente una red de última generación. Se mostrara que es lo que sucede en una empresa común cuando no se brinda el servicio de acuerdo a las normas. La figura 32 muestra el servicio básico que se le brinda al cliente ya sea IDE o VPN.



32-Figura: Diagrama del servicio básico que se le proporciona al cliente [23]

A grandes rasgos la infraestructura para proporcionar un servicio al cliente consta de las siguientes partes.

- La red de la empresa es un proveedor de servicios de internet el cual proporciona a través de su red los diferentes servicios de telecomunicaciones tales como VPN e IDE.
- El enlace de la empresa es el medio físico que se proporciona para comunicar al router del cliente con el equipo frontera de la red de la empresa, puede ser por cobre, fibra Óptica, por radio o Satelital. Puede terminar en un a NTU (Unidades Terminales de Datos), en puntas de coaxial o fibra óptica. Se le conoce como última milla.
- El router del cliente, es el router que utiliza el cliente para conectar su sitio con la red de la empresa.
- La lan del cliente, es la LAN que el cliente utiliza para conectar los diversos dispositivos que tendrán acceso al servicio contratado.

Actualmente se ofrecen diversos tipos de servicio al cliente:

- **Red Privada Virtual Multiservicios(VPN)** : En este servicio se establece una red privada utilizando la red pública de Internet asegurando la disponibilidad del servicio así como la privacidad y seguridad de los datos del cliente.

Es multi-servicios por que se refiere a cuando el cliente tiene varios tipos de tráfico que pueden ser voz, video, datos críticos y tráfico de “Best Effort”.

Derivado de que el cliente necesita transportar diferentes clases de tráfico sobre el mismo medio físico, es necesario aplicar políticas de calidad de servicio para clasificar en prioritarios y no prioritarios.

- **Internet Corporativo (IDE):** Se proporciona un enlace directo a Internet, asegurando la disponibilidad y el ancho de banda comprometido. Está orientado al sector empresarial. Se le proporciona un bloque /28 de IP's en IPV4 y si solicita IPV6 un bloque /48. Aquí también para demostrar el ancho de banda contratado se hacen pruebas “speed test” directamente conectados en el router del cliente y si se requiere se hacen pruebas con el servidor JPERF que son aún más confiables.

Los accesos PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy), son los más comúnmente utilizados para que un cliente empresarial se conecte a la red de la empresa y tenga acceso a la red Internet, los accesos PDH y SDH son aquellos conocidos como E1/T1, E3/T3, STM1, STM4 y STM16. [23]

Para revisión y diagnóstico de los servicios se clasificaran de la siguiente manera:

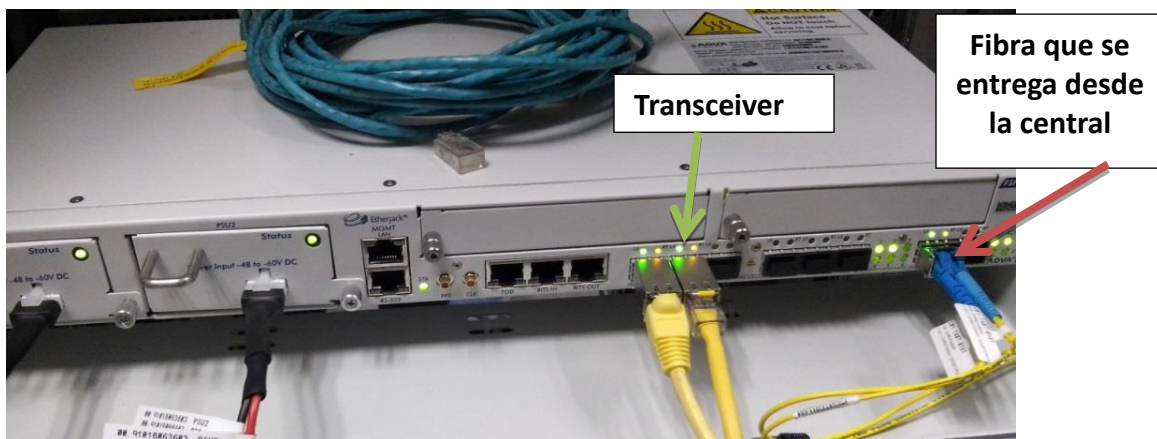
- **Ethernet:** El Acceso Ethernet será entregado, a través de enlaces metro Ethernet con encapsulamiento 802.1q (mecanismo que permita a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas), en el lado del equipo PE y de esta manera configurar subinterfaces asociadas a VLANs una por cada cliente, del lado del CPE se entrega a través de un equipo demarcador (DDE), cobre (8M ó menos) ó fibra (mayor de 8Mbps) con 802.1q.
- **Canalizados:** Son enlaces físicos se separa en varios canales lógicos de acuerdo al ancho de banda contratado por el cliente.
- **Puerto físico:** En este caso el servicio ocupa todo el ancho de banda lógico que permite el puerto físico, es decir todo el puerto físico está dedicado a un solo servicio.

Equipos de acceso que se utilizan en una red de fibra óptica:

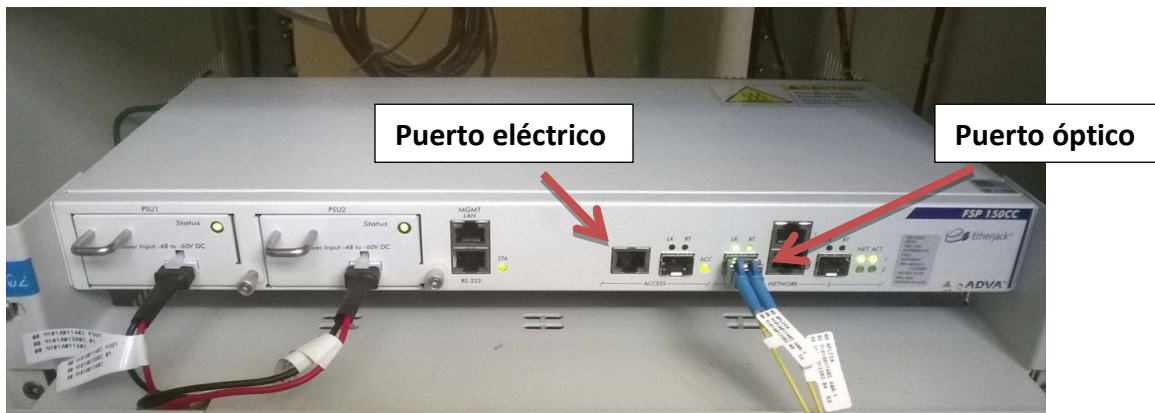
Los equipos de acceso más comunes para servicios IP y VPN, los cuales soportan fibra óptica son los equipos ADVA (de los cuales hay diferentes modelos) y los equipos TELLABS 7305 y 7307, también existen los equipos ALCATEL que solo van por cobre y los nuevos

equipos llamados RAD estos pueden ir también tanto por fibra como por cobre. A continuación se muestran algunas imágenes de estos equipos. Cabe mencionar que cada uno se configuran de acuerdo a distintas normas, desde cómo se va a configurar el puerto y como se configuraran los demás equipos que estén en el transporte. La mayoría de estas normas son confidenciales y solo las conocen el personal que se encarga de la construcción de toda la red. También se cuenta con estándares para que los equipos sean compatibles con los equipos de los distintos estados de la República o diferentes países.

➤ **ADVA:**

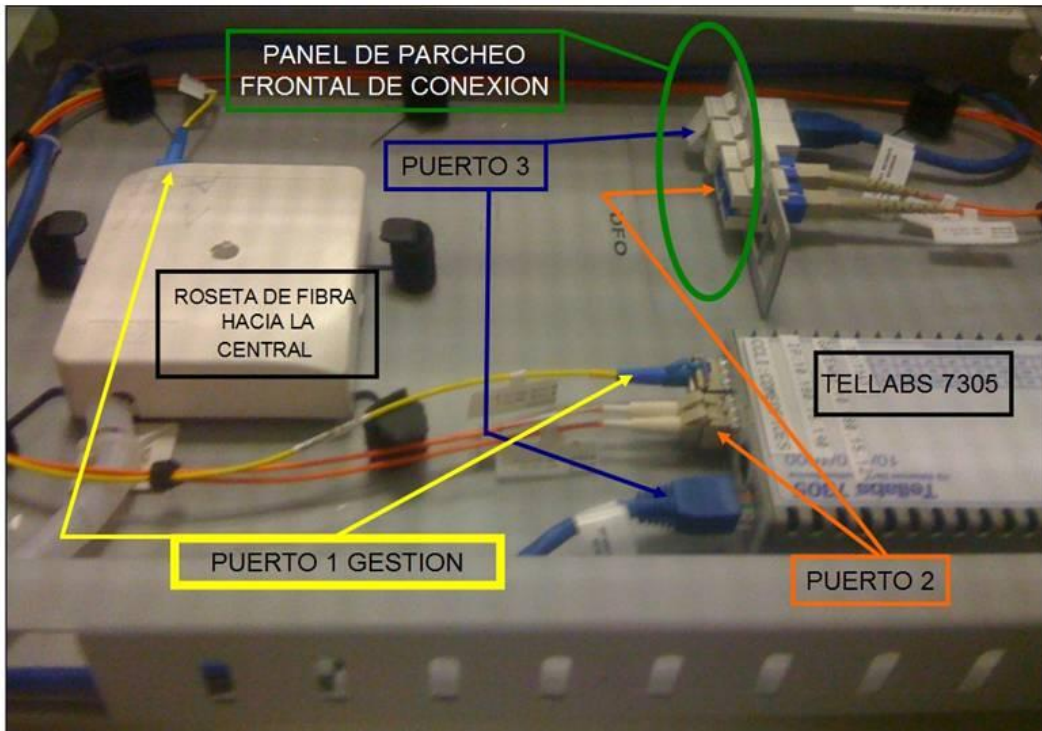


33-Figura: ADVA 1. Todos sus puertos son ópticos

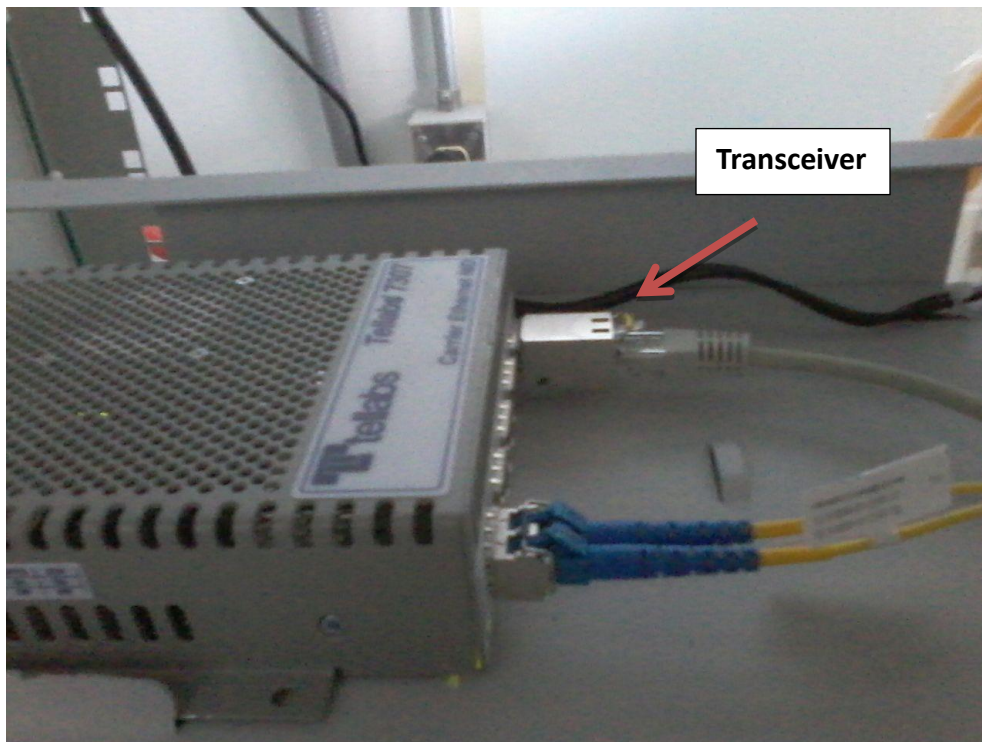


34-Figura: ADVA 2. Tiene un puerto eléctrico y uno óptico

➤ TELLABS:



35-Figura: TELLABS 7305. Un puerto óptico (2) y un puerto eléctrico (3)



36-Figura: TELLABS 7307. Todos sus puertos son ópticos

➤ RAD

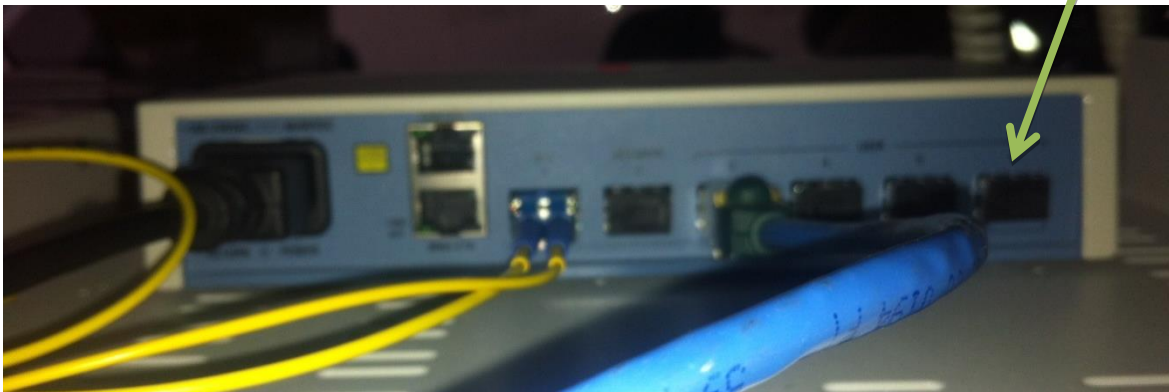
Puertos ópticos

Puerto eléctrico



37-Figura: RAD Tiene puertos ópticos y eléctricos

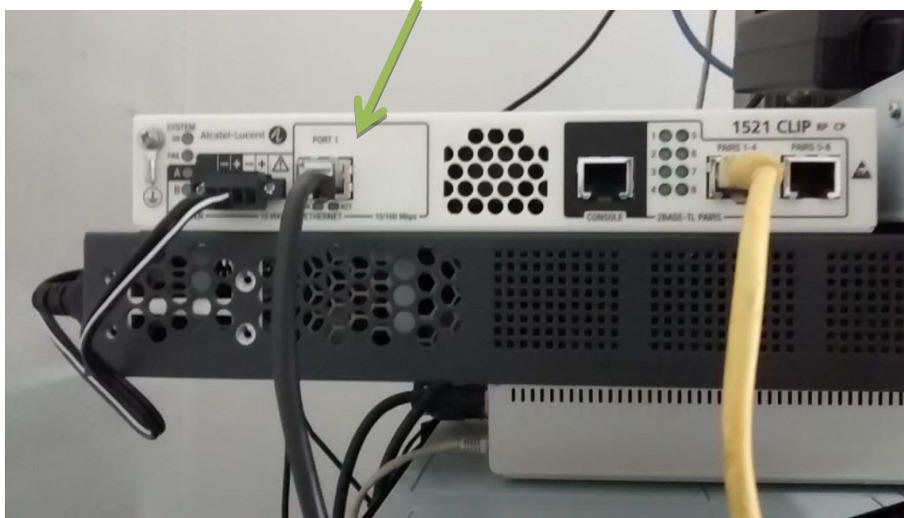
Puertos ópticos



38-Figura: RAD. Tiene solo puerto ópticos.

➤ ALCATEL

Puerto eléctrico



39-Figura: ALCATEL. Tiene solo puerto eléctrico

Topológicos:

Se usan para transmitir información compleja, como la presentación de todos los dispositivos y el medio en una red grande, es conveniente utilizar representaciones visuales. Los diagramas permiten comprender fácilmente la forma en la que se conectan los dispositivos. Estos diagramas utilizan símbolos para representar los diferentes dispositivos y conexiones que componen una red.

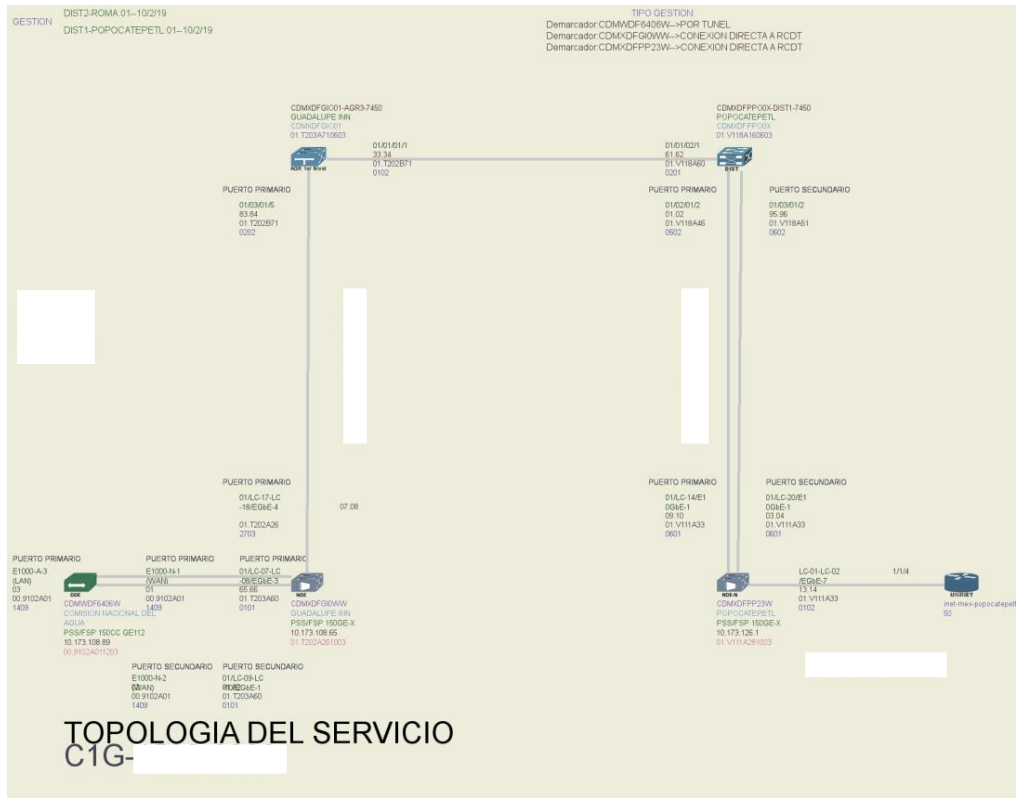
Como cualquier otro lenguaje, el lenguaje de las redes se compone de un conjunto común de símbolos que se utilizan para representar los distintos dispositivos finales, dispositivos de red y medios. La capacidad de reconocer las representaciones lógicas de los componentes físicos de red es fundamental para poder visualizar la organización y el funcionamiento de una red.

Además de estas representaciones, se utiliza terminología especializada al hablar sobre cómo se conectan estos dispositivos y los medios unos a otros. Algunos términos importantes son:

- **Tarjeta de interfaz de red:** Una NIC, o adaptador LAN, proporciona la conexión física a la red para la PC u otro dispositivo host. Los medios que realizan la conexión de la PC al dispositivo de red se conectan en la NIC.
- **Puerto físico:** Se trata de un conector en un dispositivo de red donde se conectan los medios a un host u otro dispositivo de red.
- **Interfaz:** Puertos especializados en un dispositivo de red que se conectan a redes individuales. Puesto que los routers se utilizan para interconectar redes, los puertos de un router se conocen como interfaces de red.

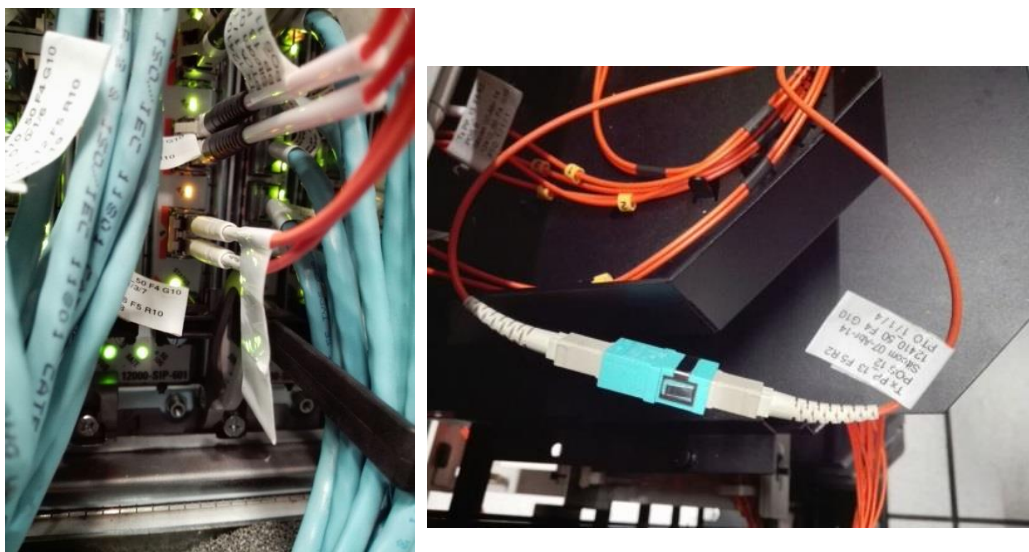
A continuación se muestra la topología básica para servicios como C1G, C20 y C00, ya que los enlaces a partir de 100 megas solo van por fibra óptica. [23]

- **C1G:** Enlace de 1000 megas, C20: 200 megas, C00: 100 megas.



40-Figura: Topológico de un enlace de 1000 megas [23]

En la central se ocupan fibras multimodo de 15 metros con conectores LC SC, como se puede observar en las siguientes imágenes:

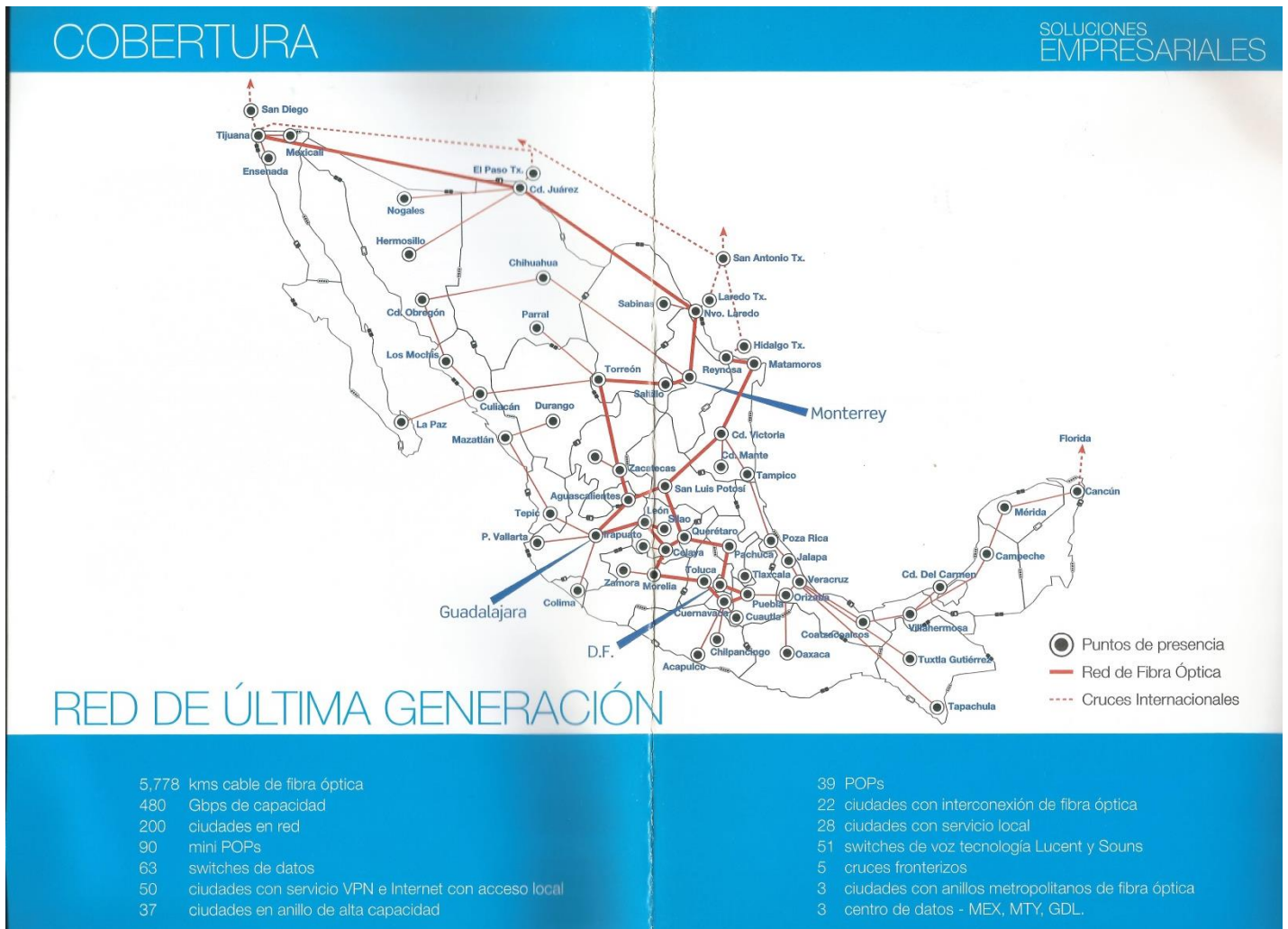


41-Figura: Fibra multimodo de 15 metros

Las redes actuales están siendo capaces de solventar la demanda de ancho de banda, las cuales no muestran signos de desaceleración y es sólo cuestión de tiempo hasta que no podamos soportar el feroz crecimiento continuo en aplicaciones de gran ancho de banda. La tecnología DWDM 100G ha sido diseñada específicamente para transportar enormes cantidades de datos.

Las empresas y los proveedores de servicios tienen radicalmente diferentes demandas y necesitan soluciones que reflejan sus requisitos específicos. La eficiencia espectral, precio, plaza y el poder son cuatro bloques fundamentales de construcción que deben ser optimizados para cumplir con sus objetivos fundamentales.

En la figura 42 se muestra la cobertura de una red de última generación, que cubre toda la República Mexicana.



42-Figura: Cobertura de una red de última generación [23]

4.1-Aplicaciones y posibles mejoras

A continuación se darán a conocer algunas herramientas o aplicaciones, que se utilizan cuando no se aplican las normas o estándares adecuados, una vez puesto en operación un servicio dentro de una red de nueva o última generación y por lo cual el cliente no podía trabajar con su enlace contratado. Aquí se podrá observar la importancia de que las normas estén aplicadas en los servicios para su buen funcionamiento. También se hablara de posibles mejoras en una red de última o nueva generación.

Para determinar la calidad de los servicios proporcionados a los usuarios, a través de los enlaces Ethernet sobre SDH y Carrier Ethernet, se deberá comprobar que el ancho de banda ofrecido sea el mismo que el entregado.

El diseño de una prueba que verifica la capacidad de un enlace de última milla mediante la transmisión de información de capa 4 entre las dos puntas de dicho enlace, esta prueba simula el envío-recepción de archivos ajustando la ventana de TCP para saturar el ancho de banda sin desbordarlo, sobre una de las puntas del enlace se conecta un equipo JDSU modelo MTS6000, el JDSU está ubicado dentro de la nube de transporte, con el cual se puede enviar/recibir un archivo del tamaño que se desee (Mbytes). En la otra punta del enlace se conecta una máquina o PC con la instalación del software de aplicación llamado JPERF, esta PC se puede colocar en cualquier nodo del lado del cliente.

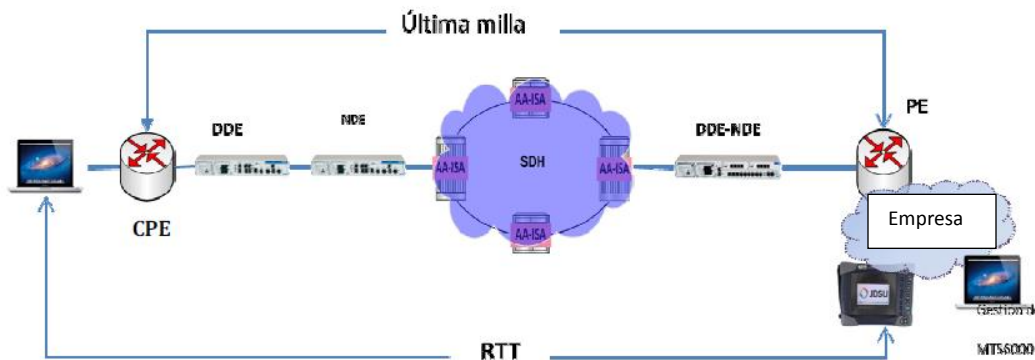
El equipo MTS 6000A de JDSU, es un equipo de medición que tiene una aplicación de software que nos permite a través de un puerto GigabitEthernet enviar o recibir un flujo de tráfico TCP modelado de tal manera que se ajuste lo más exacto posible al ancho de banda de un enlace entregado a un cliente. Para realizar esta medición se requiere tener una PC en el sitio del cliente corriendo la aplicación de software libre JPERF, con este equipo se realizara el envío (Upstream) y recepción (Downstream) de tráfico TCP hacia/desde el equipo de medición ubicado en la LAN corporativa, la PC en el sitio del cliente deberá ser conectada directamente al puerto GigabitEthernet del router CPE.

Las especificaciones o estándares que debe de llevar la LAPTOP para hacer la prueba JPERF del lado del cliente son las siguientes:

- Explorador de Windows ver 7 en adelante
- Software de Java actualizado.
- Software JPerf instalado y probado.
- Procesador core i5 o superior
- Tarjeta Ethernet de 1Gigabit
- Memoria RAM de 4 GBytes.
- Inactivos antivirus y firewall.

- La PC del IDC deberá estar conectada directamente al puerto LAN del router, deberá ser la única maquina conectada al router CPE. Adicionalmente se observa que no se estén produciendo errores en la LAN.

Esta prueba está basada en el esquema de operación cliente-servidor, el cliente envía tráfico y el servidor recibe dicho tráfico, cuando se aplica la prueba Downstream el MTS6000 toma el roll de cliente, la PC en las instalaciones del cliente toma el roll de servidor. Para la prueba de Upstream, el MTS toma el roll de servidor y la PC toma el roll de cliente. Como se muestra en la figura 43:



43-Figura: Diagrama de la prueba [23]

En el diagrama pueden verse los elementos que están involucrados en la prueba de desempeño de un enlace, obsérvese la última milla donde se realiza la medición del ancho de banda, el RTT, es el tiempo que tarda un paquete de datos enviado desde un emisor y regresar a este mismo emisor habiendo pasado por el receptor de destino, se mide desde la PC en el sitio del cliente hasta el equipo MTS6000 ubicado en la LAN de la empresa. Para la gestión (administración) del MTS6000 se requiere de otra PC para manejar remotamente la aplicación dentro del JDSU a través de Internet. Una desventaja muy grande de esta aplicación, es que no mide anchos de banda mayores a 200 megas, ya que después de esa cantidad la aplicación se comienza a trabar, por ejemplo los enlaces de 1000 megas no se pueden medir con esa aplicación y solo se toma en cuenta la prueba RFC que le corren al servicio antes de entregarlo, debido a que toda este servicio es totalmente óptico, tanto el router del cliente, como el que entrega la empresa tienen interfaces o puertos ópticos. También se puede medir con equipo Smart-class en el sitio del cliente desde el equipo de acceso, en el puerto de entrega, igualmente corriendo una prueba RFC pero físicamente.

Una importante mejora para esta aplicación, es que, para que pueda medir más de 200 megas es generar más de un flujo, es decir que no solo se genere tráfico en una sola dirección, sino que también se genere tráfico de ida y vuelta. A veces la laptop no soporta tanto tráfico por el mismo socket de la conexión de TCP que se establece entre la laptop y el analizador JDSU, por ello se debe utilizar una más potente y con esto tampoco se asegura que se tengan mejores resultados. Por lo tanto, lo más ideal y con lo cual se

podrían probar enlaces de mayor capacidad es que ambos extremos, cliente y la empresa tengan un JDSU, porque son los equipos que tienen capacidad de generar y recibir grandes cantidades de tráfico, pero por tema de costos y logística en el envío del equipo a cada sitio que se requiera se complica, por eso solo se deja uno instalado en un nodo estratégico y del lado cliente una laptop con la aplicación JPERF.

Cabe mencionar que la prueba JPERF es una de las más confiables. El procedimiento de esta prueba, es el siguiente:

Primeramente se realiza una prueba speed-test (como se muestra en la figura 44) desde un servidor TRIARA el más cercano, cabe mencionar que tenemos un porcentaje del 10% menos debido a los encabezados.



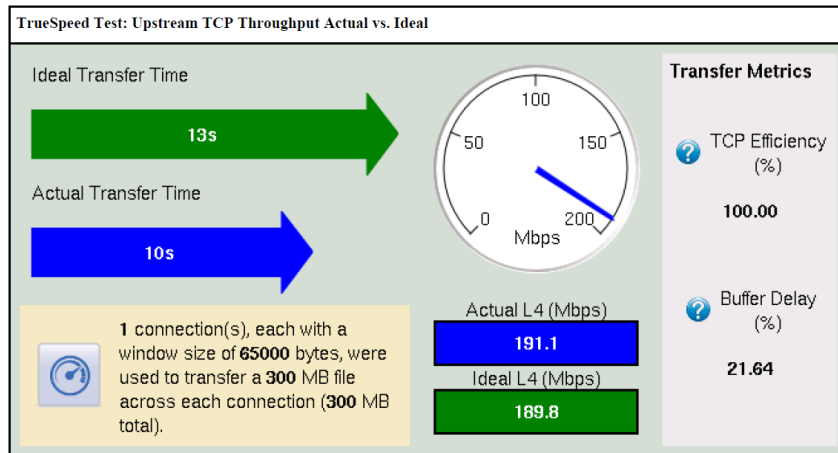
44- Figura: Prueba speed-test exitosa

Posteriormente en el sitio del cliente se corre la prueba JPERF para garantizar la entrega del ancho de banda y se verifican los resultados para saber si son exitosos.

Se revisa que la LAN del cliente que este amarrando el puerto en auto-auto, que no haya errores en la misma, y que la configuración del cliente tenga las políticas de entrada y salida rasuradas de acuerdo al ancho de banda contratado, que no haya pérdida de paquetes, pues esto también ocasiona algunos problemas en la medición, pues de haber perdida de paquetes a nivel WAN, es posible que haya problemas de medio y hasta que esto no se solucione el ancho de banda no va a ser el adecuado. Se da el caso de que también sea problema de la configuración en el router del cliente y no del medio.

De los resultados de las pruebas realizadas en algunas ocasiones las pruebas de speed-test si dan la velocidad contratada y en la aplicación JPERF no.

Para tener una prueba exitosa es necesario tener las especificaciones establecidas para este método, con lo que se asegura que la aplicación JPERF corra de manera más adecuada, como se muestra en la figura 45.



45-Figura: Prueba JPERF exitosa

A continuación se muestra un ejemplo de los resultados esperados al correr la prueba JPERF para un enlace de 200 megas.

Encabezados	Número de bytes
preámbulo/SFD	8
Ethernet	18
IP	20
TCP	20
Datos	1460
Total de bytes por trama Ethernet	1526

Suponiendo que la aplicación envía el máximo tamaño permitido que es de 1460 bytes para un MTU de 1500 a nivel IP.

Eficiencia esperada (Datos/Total de bytes) **95.67%**

Ancho de banda comercial contratado por el cliente.

Velocidad de transferencia esperada a nivel físico en puerto del router (bits/seg) show interface	200,000,000
Velocidad de transferencia esperada (a nivel aplicación en Mbits/seg) prueba JPERF	191.35
Velocidad de transferencia esperada (a nivel aplicación en KiBytes/seg) prueba de transferencia de usuario	23,358

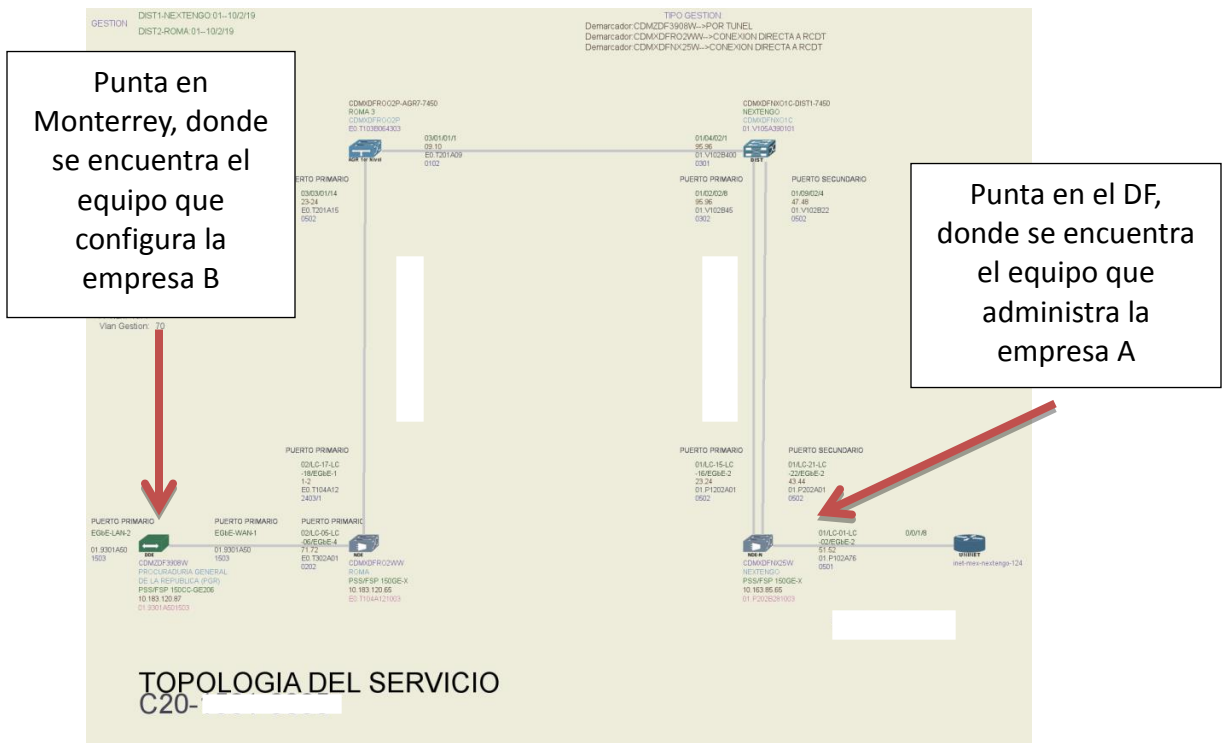
Resultado válido para verificar el servicio corriendo la prueba de JPERF.

1,000,000 bits/seg = 1 Mbit/seg

Resultado esperado en una prueba de transferencia de archivos realizada por el usuario, en condiciones ideales.

Esta prueba depende de las condiciones del servidor, las características de la computadora del cliente, de las condiciones de red hasta el servidor, etc., por lo cual este resultado NO es garantizado, sirve como una prueba de referencia pero no para validar el servicio.

Otra prueba que se corre para validar el medio como tal y no se tenga problemas al poner en marcha el servicio que se le va a entregar al cliente, es una prueba de ping reflector, que se corre de manera remota o física con equipo Smart-class en el sitio del cliente, de punta a punta, algunas veces esta prueba no pasa y eso quiere decir que hay problemas en el medio, que se tienen que solucionar, para que el servicio como tal se ponga en funcionamiento.



46-Figura: Topológico servicio fuera de norma [23]

Cuando el ping reflector no pasa, se ha detectado que por ejemplo una empresa B configura en el equipo ADVA un parámetro llamado PBITS (se etiquetan bits con prioridad en el ADVA), y si esta empresa quita este parámetro en el ADVA de su lado, el servicio levanta, pues del lado de la empresa A, no se configura dicho parámetro en su ADVA. Para ambas empresas esto se encuentra bajo norma, y avalado por la empresa A del DF por medio de la prueba de RFC, por lo tanto si cambiaran la configuración estarían incumpliendo las normas ambas empresas (figura 46).

Se puede observar que una vez realizada una red ya sea de fibra óptica o de datos, se deben cumplir con las normas para que se configuren los equipos de la misma manera en todas las redes.

➤ **Posibles mejoras:**

En una red de nueva o última generación se busca principalmente que sea eficiente, escalable, tolerante a fallas y sin errores en la capa de transporte (dispersión), que permita el monitoreo de los diversos servicios de manera unificada, mayor velocidad, más seguridad y la posibilidad de transportar todo tipo de datos y servicios. Están preparadas para revolucionar las telecomunicaciones.

Las redes de nueva generación (NGN) surgen para revolucionar la infraestructura de las redes de telecomunicación y acceso telefónico. En los próximos años, todos los servicios multimedia (vídeo, audio, foto, datos) se moverán de un lado a otro por medio de las NGN.

Las NGN están basadas en el envío de paquetes capaces de trabajar con servicios integrados, en los que se incluyen las tradicionales conexiones telefónicas, y de aprovechar en su totalidad el ancho de banda del canal. Para ello, se sirve de las Tecnologías de Calidad del Servicio que, además, permiten que el transporte tenga lugar de forma totalmente independiente en relación con el resto de infraestructuras. Hoy en día, es posible acceder y controlar el mundo de los servicios multimedia desde dispositivos móviles o portátiles que, poco a poco, se están convirtiendo en catalizadores de la industria de las telecomunicaciones. Las NGN hacen referencia a las nuevas investigaciones y desarrollos realizados en tecnología de radio que harán factible la transmisión de datos a una velocidad mayor y, por supuesto, una mejora considerable de la capacidad y posibilidades de las infraestructuras de red. Su capacidad es notablemente más alta que la de las redes tradicionales y, además, proporcionan todas esas utilidades que demanda cualquier empresa que quiera mejorar su productividad, independientemente de su tamaño y recursos.

Una de sus principales características es que permiten efectuar multitud de servicios con una mayor capacidad. De hecho, todavía se desconocen todas las posibilidades que ofrecen. En una misma red se pueden mover servicios de datos, telefonía y multimedia, con el correspondiente ahorro en medios e inversión, así como en las operaciones. Y es que cualquier operación con las NGN será menos compleja. Estas redes son las que aportan un entorno de comunicaciones totalmente unificado en el que será el propio usuario quien seleccione y controle su trabajo. Las empresas pueden encontrar un nuevo contexto donde se posibilita la integración efectiva de servicios sobre una misma plataforma dotando a la red de la inteligencia suficiente para gestionar la presentación al usuario, independientemente del lugar y del dispositivo que utilice.

La evolución de las NGN implica conseguir que el usuario pueda tener acceso a la información sin preocupaciones de cómo acceder a ella o, incluso, de cómo le llega. La convergencia de todos los servicios que brindan las redes de nueva generación sobre una única tecnología (IP) junto con la mayor capacidad de los nuevos terminales de usuario (PDA, móviles, PC portátiles, etc.) está posibilitando innovadoras funcionalidades que

mejoran la comunicación y, en definitiva, abren nuevas oportunidades de negocio. La adopción del protocolo SIP (Session Initiation Protocol) favorece todas estas funciones. Se usa, sobre todo, en los sistemas de telefonía IP y se trata de un protocolo de control y señalización que admite crear, modificar y finalizar sesiones multimedia con varios usuarios. Permite la interacción entre dispositivos a través de distintos tipos de mensajes que, por su parte, proporcionan la capacidad de registrar y/o invitar a un usuario a una sesión; negociar los diferentes parámetros; establecer una comunicación entre dos a más dispositivos y, por último, finalizar sesiones.

Las NGN otorgan una gran cantidad de beneficios. A los clientes finales, ya sean empresas, organismos o particulares, les abre todo un mundo de nuevos servicios y posibilidades. Además, para los operadores, estas redes hacen más sencilla la gestión y fomenta la posibilidad de ofrecer nuevos servicios convergentes integrados. Para que todo ello resulte eficaz, la industria ha de realizar los cambios clave, que consisten en una rápida implementación de nuevos estándares en chips y, por lo tanto, también de nuevos dispositivos móviles.

El rendimiento de las operadoras debe ser primordial en el diseño de las infraestructuras de nueva generación que se construyen con tecnología de paquetes. Asimismo, la industria tendrá que ser capaz de brindar al usuario un menú de servicios multimedia avanzados que sea atractiva y fácil de usar para obtener los beneficios e ingresos imprescindibles para hacer frente a la inversión necesaria. De ese modo, los nuevos servicios que proporcionarán las redes de nueva generación tendrán el soporte adecuado dentro de un entorno donde todo viajará vía NGN y donde el concepto alta velocidad sí tendrá sentido.

Uno de los puntos más destacados con la incorporación de las redes de nueva generación (NGN) es el teletrabajo. Trabajar en casa es más fácil gracias a estas nuevas redes que convierten el PC de los usuarios en una oficina móvil, integrando la telefonía y los datos, posibilitando los servicios de nueva generación, accediendo a la misma información que desde la oficina, etc, todo ello en una única plataforma.

Desde un punto de vista más teórico, las NGN plantean tres cambios sustanciales en la arquitectura de la red tradicional:

1. Las NGN suponen la consolidación de varias redes de transporte que fueron construidas a través de una serie de servicios individuales. Además, estas redes efectúan la migración del servicio de voz desde la tradicional arquitectura conmutada (PSTN) a la nueva VoIP. De este modo, respecto al núcleo de red, las NGN implican la transformación técnica de las redes tradicionales.
2. La implantación de las nuevas redes migraran las redes de acceso de los canales habituales de voz y datos hacia instalaciones convergentes, que permiten dejar atrás la multiplicidad de canales.

3. La convergencia hacia las NGN implica una separación fuertemente marcada entre la porción de red de conectividad y los servicios que marchan por encima de ella. Esto significa que, cuando un proveedor telefónico pretenda activar un nuevo servicio, pueda hacerlo sin tener que estar pendiente de la capa de transporte o conectividad.

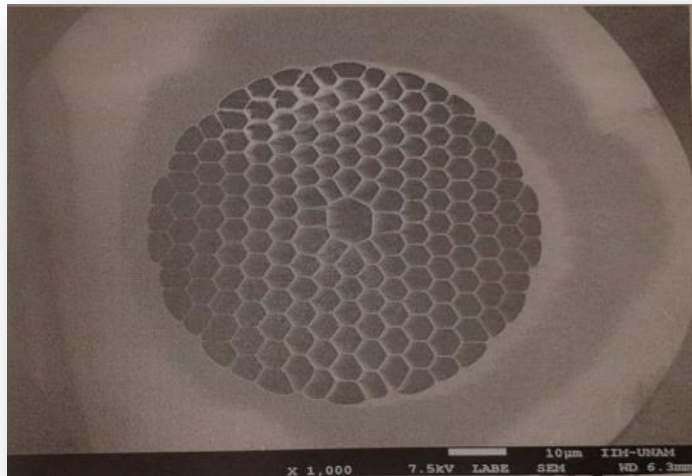
Una importante mejora la cual estaba investigando en materiales, es para la Integración de azopolímeros en fibras ópticas especiales.

Hay algunos materiales ópticos que se alteran al interactuar o absorber la luz, los azobencenos son un claro ejemplo, al incorporar este azobenceno a un polímero (en este caso fue PMDS), se crean los azopolímeros los cuales pueden tener una variedad importante de aplicaciones.

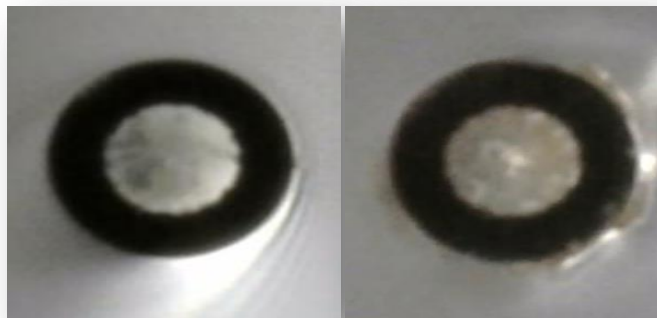
Los azopolímeros son compuestos que incluyen en su estructura cromóforos (compuestos que absorben luz) que en presencia de ciertas señales ópticas con polarización lineal reaccionan debido al mecanismo de fotoisomerización (Al ser iluminados con luz a una longitud de onda adecuada, la estructura del azobenceno cambia y esto provoca que el índice de refracción se modifique, de una forma TRANS a una CIS), modificando su estructura y por consecuencia sus propiedades ópticas. La respuesta fotoinducida en los azopolímeros genera efectos de birrefringencia (doble refracción) y dicroísmo (adsorbe uno de los planos de polarización). Por último es posible modificar la polarización de la señal óptica que viaja dentro de la fibra utilizando luz láser linealmente polarizada.

Al incorporar azopolímeros en fibras ópticas se puede realizar en distintas partes de estas: en el revestimiento o en el núcleo. En el primer caso se requiere adelgazar la fibra o remover el viejo revestimiento para que el nuevo sea el material de interés, aumentando la interacción de la onda evanescente con el medio externo. Al depositar recubrimientos sobre secciones adelgazadas de fibra óptica estos deben ser realizados de manera uniforme y con espesores adecuados según sea su uso. En el caso de poner estos materiales en el núcleo, existen fibras especiales que poseen una estructura hueca, y así poder obtener una respuesta de mayor magnitud. Con todo esto se busca aumentar la velocidad de propagación, lo cual sería muy bueno en las redes de última generación para aumentar su eficiencia, y por lo tanto sería más rápida la velocidad con que se propagan los datos de lo que ya son. También se podrían obtener dispositivos más estables, resistentes y duraderos. Cabe mencionar que el proyecto aún no se concluye y continúa en investigación, ya que aún no se tienen muy claros los beneficios que se pueden llegar a tener, se han utilizado para la creación de acopladores. [4]

A continuación en las figura 47 y en la figura 48 se observa la fibra que se rellenó para su estudio:



47-Figura: Fibra de núcleo elíptico de 1550 nm



48-Figura: Funcionalización de la fibra microestructurada con PDMS/DR1: a) antes de rellenar y b) después de rellenar

5.-CONCLUSIONES

En esta tesina se decidió hablar de una red de última generación utilizando fibra óptica, en lugar de cable de cobre ya que presenta mayores ventajas como se muestra en la tabla 6, algunas características comparativas entre ambos medios.

Características	Fibra óptica	Cobre
Peso (kg/km)	190	7900
Diámetro (mm)	14	58
Radio de curvatura (cm)	14	55
Distancia entre repetidores (km)	40	1.5
Atenuación (dB /km)	0.4	40

Tabla 6: Comparación entre fibra y cobre

La diferencia fundamental entre la fibra óptica y el cableado convencional se halla en el material en el que está fabricada. Hablamos de un hilo muy delgado de silicio fundido o vidrio que transporta las ondas de luz, mientras que el cableado estructurado se efectúa con alambre de cobre. A lo largo de esta tesina se pudieron observar algunas de las ventajas que tiene la fibra óptica como son:

- 1. Transmisión de datos a alta velocidad.**
- 2. Mejor ancho de banda.**
- 3. Evita interferencias.**
- 4. Mejora la calidad de vídeo y sonido.**
- 5. Más seguridad de red.**

Por ello una red de última generación (NGN) siempre va acompañada de la fibra óptica, ya que el usuario final lo que busca es eficiencia, simplemente bajar o subir un video buscando contar con una descarga de información de manera rápida.

Las redes de última generación se crearon por la necesidad de reducir los costos respecto a los modelos tradicionales, la aplicación cada vez mayor del modelo Internet, la necesidad de establecer la convergencia y compatibilidad entre las distintas redes, la necesidad de acelerar el proceso de creación y puesta en funcionamiento de las aplicaciones y servicios. Se crearon para poder solventar las futuras demandas de tráfico IP y para la flexibilidad adecuada para responder rápidamente a las exigencias del mercado.

La infraestructura de transporte y comunicación debe ser de datos. La red de conmutación de paquetes (datagramas) debe ser IPv4/IPv6. Tendrá soporte de MPLS (MultiProtocol Label Switch) para servicios de ingeniería de tráfico (TE), redes privadas (VPN), etc.

Finalmente es importante hacer notar cómo funciona y qué problemas puede presentar

una red de última generación, ya que al brindar los servicios al usuario final se pueden presentar algunos inconvenientes. Por ello al cliente se le puede ofrecer una solución a estos inconvenientes para que quede satisfecho con su servicio. Así mismo, es muy importante el papel que juegan las normas en toda la construcción del enlace, ya que si no están totalmente adaptadas el servicio simplemente es difícil de activar o poner en operación.

Numerosas asociaciones a nivel mundial se encargan actualmente de la creación de estándares para la gestión de las NGN. Sin embargo las relaciones de colaboración entre las diferentes organizaciones, no están definidos claramente.

Se puede hacer notar que las normas de la UIT (llamadas Recomendaciones) son fundamentales para el funcionamiento de las redes TIC actuales. Sin las normas de la UIT no se podrían efectuar llamadas telefónicas ni navegar por Internet. El acceso a Internet, los protocolos de transporte, la compresión de voz y vídeo, las redes domésticas e incontables otros aspectos de las TIC dependen de centenares de normas de la UIT para funcionar a escala local y mundial. Siendo así actualmente la UIT la principal entidad a nivel mundial que se encarga de armonizar los diferentes enfoques y estándares de gestión de las NGN.

6.-REFERENCIAS

- [1] Ibrahín Alonso Vargas, "Sistemas de fibra óptica", 2012.
- [2] Duilio Arnulfo Buevas Peñarredonda, Ivan Dario Tellez Silva, Edgar Amado Mateus, "Redes ópticas DWDM: Diseño e implementación", Dialnet, Revista visión electrónica, 2010.
- [3] José Capmany Franco, Beatriz Ortega Tamarit, "Redes ópticas", LIMUSA, 2006.
- [4] E. Rivera, T. García, R. Salazar y J. Diricio; "Los azopolímeros: materiales inteligentes con respuesta a la luz," Bol. Soc. Quím. Méx., 24-34, 2008.
- [5] Recomendación UIT-T Y.2011, "Principios generales y modelo de referencia general de las redes de próxima generación".
- [6] Recomendación UIT-T Y.2001, "Visión general de las redes de próxima generación".
- [7] Juan José Ganuza, Karla Perca y M. Fernanda Viécens, "Las Redes de Nueva Generación en España. Situación actual y retos para el futuro", FEDEA, colección de estudios económicos, 2010.
- [8] "Definition of Next Generation Network",
http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ngn2004/working_definition.html
- [9] María Carmen España Boquera, "Comunicaciones ópticas", Ediciones Díaz De Santos, 2005.
- [10] Cisco Systems, Inc, "Introduction to DWDM Technology", 2001.
- [11] Stamatios V. Kartalopoulos, "DWDM: Networks, Devices, and Technology", Wiley-Interscience, 2002.
- [12] Hildeberto Jardon Aguilar y Roberto Linares Miranda, "Sistemas de comunicaciones por fibras ópticas", ALFAOMEGA, 1995
- [13] Casimer M. DeCusatis y Carolyn J. Sher DeCusatis, "Fiber Optic Essentials", Academic Press, 2006.
- [14] K. S. Thyagarajan y Ajoy Ghatak, "Fiber Optic Essentials", Wiley- Interscience, 2007.
- [15] <http://www.advaoptical.com/en/innovation/100g-transport.aspx>
- [16] <http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/asr-1000-series-aggregation-services-routers/datasheet-c78-731640.html>
- [17] <https://www.osiptel.gob.pe/Archivos/Investigaciones/Boletines/boltec022005.pdf>
- [18] http://www.t-systems.com.mx/umn/uti/558234_1/blobBinary/WhitePaper_NGN-ps.pdf
- [19] <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/17225085/Curriculas-CCNA-4-0-Instalable-en-Espanol-e-Ingles.html>
- [20] Tomasi, W. (2003). "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas" (4ta edición). México. Prentice Hall.
- [21] "Fundamentos de diseño de una fibra óptica"
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFOcalculos.pdf>
- [22] "Diseño de la red de fibra óptica", <http://www.thefoa.org/ESP/Diseno.htm>
- [23] <https://ingenieria.reduno.com.mx/evoluciontecnologica/indexOP.html>
- [24] "Estándares de fibra óptica y cableado UTP", <http://johnbufibraopticaeutp.blogspot.mx/>
- [25] <http://www.fibraopticahoy.com>
- [26] <http://elcajondelelectronico.com>
- [27] <https://notialdiaclaudeth.files.wordpress.com>
- [28] http://www.wikiwand.com/no/Triple_Play
- [29] <http://2.bp.blogspot.com>

7.-ÍNDICE DE FIGURAS.

<u>1-Figura: Partes de la fibra óptica.</u>	6
<u>2-Figura: Reflexión total interna y apertura numérica</u>	7
<u>3-Figura: Reflexión y refracción</u>	7
<u>4-Figura: Fibra monomodo de índice escalonado</u>	9
<u>5-Figura: Fibra multimodo de índice escalonado</u>	10
<u>6-Figura: Fibra multimodo de índice gradual</u>	10
<u>7-Figura: Ventanas de transmisión</u>	11
<u>8-Figura: Cable de estructura holgada</u>	12
<u>9-Figura: Cable de estructura ajustada</u>	12
<u>10-Figura: Conectores de fibra óptica</u>	13
<u>11-Figura: Cable de fibra óptica</u>	15
<u>12-Figura: Empalmadora por fusión</u>	16
<u>13-Figura: Empalme mecánico</u>	17
<u>14-Figura: Tipos de dispersión</u>	19
<u>15-Figura: Triple play</u>	22
<u>16-Figura: Modelo de red</u>	24
<u>17-Figura: Topología de bus.</u>	25
<u>18-Figura: Topología de anillo.</u>	25
<u>19-Figura: Topología de estrella</u>	25
<u>20-Figura: Topología de malla</u>	26
<u>21-Figura: Red óptica de primera generación para transmitir SDH</u>	26
<u>22-Figura: Red óptica de segunda generación</u>	27
<u>23-Figura: Red de acceso</u>	29
<u>24-Figura: Bandas disponibles en DWDM</u>	33
<u>25-Figura: Anatomía de un sistema DWDM</u>	34
<u>26-Figura: Arquitectura de un NGN</u>	38
<u>27-Figura: Zona de acceso</u>	39
<u>28-Figura: Topologías lógicas y físicas</u>	44
<u>29-Figura: Código de colores de la fibra óptica</u>	54
<u>30-Figura: Código de colores de la fibra óptica para cubiertas</u>	54
<u>31-Figura: Separación entre servicios y transporte de las NGN</u>	59
<u>32-Figura: Diagrama del servicio básico que se le proporciona al cliente</u>	60
<u>33-Figura: ADVA 1. Todos sus puertos son ópticos</u>	62
<u>34-Figura: ADVA 2. Tiene un puerto eléctrico y uno óptico</u>	62
<u>35-Figura: TELLABS 7305. Un puerto óptico (2) y un puerto eléctrico (3)</u>	63
<u>36-Figura: TELLABS 7307. Todos sus puertos son ópticos</u>	63
<u>37-Figura: RAD Tiene puertos ópticos y eléctricos</u>	64
<u>38-Figura: RAD. Tiene solo puerto ópticos.</u>	64
<u>39-Figura: ALCATEL. Tiene solo puerto eléctrico</u>	64
<u>40-Figura: Topológico de un enlace de 1000 megas</u>	66
<u>41-Figura: Fibra multimodo de 15 metros</u>	66
<u>42-Figura: Cobertura de una red de última generación</u>	67

<u>43-Figura: Diagrama de la prueba</u>	69
<u>44- Figura: Prueba speed-test exitosa</u>	70
<u>45-Figura: Prueba JPERF exitosa</u>	71
<u>46-Figura: Topológico servicio fuera de norma</u>	72
<u>47-Figura: Fibra de núcleo elíptico de 1550 nm</u>	76
<u>48-Figura: Funcionalización de la fibra microestructurada con PDMS/DR1: a) antes de rellenar y b) después de rellenar</u>	76