

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

APLICACIÓN PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED FTTH

D'Angelo, Bruno – LU: 1089532

Ingeniería en Telecomunicaciones

Orazi, Lautaro Agustín –LU: 1090679

Ingeniería en Telecomunicaciones

Tutor:

Ing. Abad Fernando Ramiro, UADE

2021

UADE

UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Contenido

1 Abstract	6
2 Introducción.....	7
2.1 Situación actual y breve introducción	7
2.2 Breve historia de la Fibra Óptica.....	7
2.3 Transmisión por medio de la fibra óptica.....	8
2.4 Ventajas F.O.....	9
2.5 Desventajas F.O.	9
2.6 Fibra Óptica vs otras tecnologías	9
2.7 Comparativa Argentina vs Otros países (en cuanto a FTTH)	12
2.7.1 Argentina	12
2.7.2 Situación Internacional	14
2.8 ISPs	18
2.9 Aplicaciones y/o Herramientas similares	18
2.10 BOM (Bill Of Materials).....	19
2.11 Lenguaje de Programación.....	19
2.12 Prueba de simulación del Software	20
3 Teoría y Tecnología.....	21
3.1 Composición de la Fibra Óptica:.....	21
3.2 Tipos de Fibra.....	21
3.2.1 Fibra monomodo de índice escalonado.....	22
3.2.2 Fibra multimodo de índice escalonado	22
3.2.3 Fibra multimodo de índice gradual	23
3.3 Estándares de la ITU	24
3.3.1 Monomodo:.....	24
3.3.2 Multimodo:.....	24

3.4 Incidencia del Haz de luz en la F.O.	25
3.4.1 Ángulo crítico	25
3.4.2 Principio de Reflexión Total Interna.....	25
3.4.3 Ángulo y Cono de aceptación	26
3.4.4 Apertura numérica.....	26
3.4.5 Pérdida en los cables de Fibra óptica	27
3.4.6 Pérdidas en material, o por dispersión de Rayleigh	28
3.4.7 Dispersión cromática o de longitudes de onda.....	29
3.4.8 Dispersión Modal	29
3.4.9 Pérdidas en las uniones:	30
3.5 Redes	32
3.5.1 Red LAN	32
3.5.2 Red MAN	33
3.5.3 Red WAN.....	33
3.5.4 Red VPN	34
3.5.5 Red FTTH	35
3.6 Redes PON	36
3.6.1 Tipos de redes PON	37
3.7 Redes GPON	40
3.7.1 Definición.....	40
3.7.2 Características	41
3.8 Canal Descendente	42
3.8.1 PLOAM.....	44
3.8.2 PCBd	44
3.9 Canal Ascendente	45
3.10 Topologías	47

3.10.1 Punto a Punto	47
3.11.2 Punto a Multipunto.....	48
3.11 Niveles de Splitteo	49
3.12 Tendidos	50
3.12.1 Tendido Aéreo.....	50
3.12.2 Tendido Subterráneo	51
3.13 Administración de la Red.....	52
3.13.1 Monitoreo.....	52
3.13.2 Protocolo SNMP	52
4 Selección de Equipos / Componentes	54
4.1 Componentes para un proyecto FTTH	54
4.1.1 OLT (Optical Line Terminal)	54
4.1.2 Pathcord	54
4.1.3 ODN (Optical Distribution Network)	55
4.1.4 ODF (Optical Distribution Frame).....	56
4.1.5 Caja de Empalme	56
4.1.6 FDH (Fiber Distribution Hub)	57
4.1.7 Splitters	57
4.1.8 Cajas de Distribución Óptica (NAP).....	58
4.1.9 Cable de alimentación primario	59
4.1.10 Cables de Distribución o secundarios	59
4.1.11 Roseta.....	59
4.1.12 ONT (Optical Network Terminal)	60
4.2 Herramientas para un proyecto FTTH	60
4.2.1 Fusionadora de fibra óptica.....	61
4.2.2 OTDR.....	61

4.2.3 Medidor de potencia óptica:.....	61
4.2.4 Lápiz Óptico:.....	62
4.3 Administración de la red	62
4.3.1 NOC	62
4.3.2 Estándar FCAPS	62
4.4 Datacenter.....	64
4.4.1 Diagrama del abonado	66
5 Proyecto	68
5.1 Frameworks y librerías utilizadas	68
5.1.1 Mapbox	68
5.1.2 Flask.....	68
5.2 Analizando el Software	69
5.2.1 UI – User Interface.....	69
5.3 Caso de uso.....	73
5.3.1 Prueba en Bahía Blanca	73
5.4 Desarrollo Script	79
5.4.1 Librerías de Python Utilizadas	79
5.4.2 Servidor.....	79
5.4.3 Cliente	84
6 Conclusiones	89
7 Bibliografía.....	91
7.1 PAGINAS WEB:.....	91
7.2 LIBROS:.....	92
7.3 Otros soportes:.....	92

Agradecimientos

A quienes confiaron en nosotros, nuestras familias, por el incansable apoyo a lo largo de todos estos años de carrera en nuestra formación como futuros ingenieros.

A nuestros colegas con quienes atravesamos esta etapa de aprendizaje e hicieron fructífero el transcurso de las diversas cursadas.

A los docentes de la carrera los cuales nos transmitieron bastos conocimientos y experiencias tanto laborales como personales, especialmente a nuestro tutor Fernando Abad.

A UADE por brindarnos las herramientas que hicieron posible nuestra formación.

A Video Cable Dolores que nos abrió las puertas de su empresa y nos permitió aplicar las experiencias adquiridas en el presente trabajo.

1 Abstract

Es inmensurable como, en los últimos años, el despliegue de redes de tecnología FTTH ha ido creciendo vertiginosamente a lo largo del país, mientras que otras tecnologías comienzan a quedar atrasadas o de a poco entrando en obsolescencia.

Con el fin de brindarles a las empresas de Telecomunicaciones una herramienta para implementar una simulación del tendido de sus redes, hemos desarrollado un software en forma de Aplicación Web, el cual consiste en una simulación gráfica de forma simple, intuitivo y económica con respecto a realizarlo manualmente o con otros softwares disponibles en el mercado. Este software está basado principalmente en la librería para JavaScript de acceso libre Mapbox. además de diversas librerías presentes en los lenguajes de programación utilizados, con los cuales simulamos el tendido de las rutas de FTTH basadas en mapas de Google, el agregado de componentes para la arquitectura de la red, el factor económico (a través del BOM) del coste de la red y un Dashboard interactivo para que el usuario pueda consultar todo lo que refiera a la red FTTH simulada.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un software simple, intuitivo y económico para plantear el despliegue de una red FTTH. Mientras que los objetivos secundarios son: 1. Investigación del estado del arte y herramientas similares. 2. Investigación sobre las tecnologías disponibles para el desarrollo de la aplicación. Para su caso de aplicación, se realizó un banco de pruebas y puesta en marcha del software en los alrededores de la Universidad Nacional del Sur (en Bahía Blanca).

El presente trabajo pretende denotar la utilidad de un software como el desarrollado a continuación, así como también la superioridad de la tecnología FTTH-GPON frente a las otras alternativas, como el cable coaxial y par trenzado, comparando las ventajas y desventajas que presentan todas estas tecnologías y que beneficios se obtienen al migrar desde un servicio tradicional hacia un servicio con grandes prestaciones como la Fibra Óptica.

2 Introducción

2.1 Situación actual y breve introducción

A Julio del 2020, el 11.9% de las conexiones hacia internet en el país se realizan por medio de Fibra Óptica (nominalmente 1.047.817 de usuarios). Cabe aclarar que, en este período, los proveedores de servicio migraron del cable-modem tradicional y ADSL, hacia la fibra óptica (abasteciendo desde el 7.4% en 1Q2019 al 11.99% 1Q2020).

La Fibra Óptica es utilizada como un método de transmisión en el cual se envían pulsos de luz entre un punto A y un punto B. Esta información que viaja a través de la fibra debe ser modulada para luego ser recibida por un receptor que se encargará de la demodulación interpretando los pulsos de luz.

Los sistemas de comunicaciones de Fibra Óptica usan materiales como fibra de vidrio o plástico para guiar la luz a través de ellos conformando una guía de ondas.

Como veremos más adelante en Teoría y Tecnología, la F.O. (Fibra Óptica) presenta grandes beneficios si la comparamos con medios de comunicaciones tradicionales tales como el cobre.

2.2 Breve historia de la Fibra Óptica

Hacia fines del siglo XIX se comenzó con la experimentación de la luz como medio de transmisión de información, buscando una alternativa a las opciones existentes en esos tiempos.

A continuación, se listan cronológicamente los principales hitos desde 1870 hasta la actualidad en el desarrollo de las Fibras Ópticas:

- 1870: El físico Irlandés John Tyndall descubre que la luz puede viajar a través de un chorro de agua.
- 1880: Alexander Graham Bell desarrolla el “fotófono”, un aparato por el cual se podía transmitir ondas sonoras sobre un rayo de luz utilizando espejos y detectores de selenio.

- 1930: El británico John Logie Baird y el estadounidense Clarence Weston Hansell obtienen una licencia para transmitir TV utilizando cables de fibra no recubierta.
- 1951: El holandés A.C.S. van Heel junto a los británicos H.H. Hopkins y N.A. Kapany desarrollan el fibroscopio flexible (empleado en medicina) gracias a sus experimentos de transmisión de luz a través de fibras.
- 1958: El estadounidense Charles H. Townes y el canadiense Arthur L. Schawlow realizan experimentos que llevan a la invención del rayo láser.
- 1967: Profesionales del Standard Telecommunications Laboratory de Inglaterra, K.C. Kao y G.A Bockham, proponen utilizar cables de fibra revestida. Las pérdidas eran la principal limitación por esos años (1000dB/km).
- 1970: F. P. Kapron, D. B. Keck y R. D. Maurer del Corning Glass Works de Nueva York desarrollan la primera fibra óptica con pérdidas menores a 2 dB/km.
- 1977: General Telephone and Electronics realiza la primera transmisión telefónica utilizando fibra óptica en Long Beach, California.
- 1984: Entra en funcionamiento la red de AT&T proporcionando 80000 canales de voz para conversaciones telefónicas en simultáneo.
- 1988: Las pérdidas se reducen hasta 0,16dB/km. NEC Corporation logra enviar 60Gbps a través de 80,1 km de fibra óptica. Entra en funcionamiento el primer enlace (TAT-8) con fibra óptica a través del océano.
- 1999: Se realiza el primer despliegue de una red FTTH en Japón
- 2009: IPLAN comienza a ofrecer el servicio FTTH residencial en la Ciudad de Buenos Aires.
- 2020: FTTH supera a la tecnología DSL. El 30,6% de las suscripciones de ancho de banda fija, en los países de la OCDE, son FTTH.

2.3 Transmisión por medio de la fibra óptica

Pulsos de luz viajan a través de este medio físico, que utiliza materiales como fibra de vidrio o de plástico, que son contenidos y guiados hacia su destino.

Tiene un amplio uso en la Telecomunicaciones debido a sus grandes beneficios con respecto a los medios tradicionales.

2.4 Ventajas F.O.

1. Gran ancho de banda: La fibra óptica posee mayor ancho de banda que los cables de cobre (par trenzado o coaxiales).
2. Inmunidad a las interferencias electromagnéticas
3. Resistencia al entorno
4. Mayor seguridad que los cables metálicos
5. Menores pérdidas
6. Mayor alcance
7. Mayor fiabilidad
8. Menor Latencia
9. Escalabilidad

2.5 Desventajas F.O.

- Imposibilidad de alimentar equipos electrónicos necesarios en la red
- Algunas fibras ópticas son difíciles de fabricar y son costosas

Más adelante, en una sección especial, se explica más detalladamente las ventajas y desventajas.

2.6 Fibra Óptica vs otras tecnologías

En esta sección se analizará las prestaciones de la fibra comparándola con las dos restantes tecnologías dominantes en la actualidad: HFC y xDSL.

La explosión que tuvo internet en las últimas dos décadas, con la aparición de las redes sociales y juegos multijugadores, ha cambiado totalmente el concepto. En la actualidad cada vez se requiere menor latencia y gran ancho de banda para satisfacer las demandas de los usuarios por el surgimiento de nuevo contenido.

Como hemos visto en el análisis de “Situación Internacional”, la participación de la fibra aumenta año a año cada vez más, incluso más rápido que las demás tecnologías. Esto se debe principalmente a la “muerte” de xDSL, además de las excelentes prestaciones de las redes de fibra: escalables, seguras y constituyen una opción económica para transmitir grandes volúmenes de información y satisfacer a los usuarios más demandantes.

A continuación, se observan las principales características de las tecnologías analizadas:

Fibra	HFC	xDSL
<ul style="list-style-type: none"> • Baja Latencia • Escalabilidad • Seguridad • Opción económica • Poco Mantenimiento • Alta Capacidad • Distancia de 20km entre el usuario y la OLT 	<ul style="list-style-type: none"> • Latencia Intermedia • Costos Altos • Alto Mantenimiento • Alta Capacidad (DOCSIS 3.1) • Distancia de 100 km entre el usuario y la cabecera 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta Latencia • Costos Altos • Alto Mantenimiento • Poca capacidad • Distancia de 5,5 km entre el usuario y la central

-Tabla VI -

Una de las desventajas de HFC (en el estándar DOCSIS 3.1) es la asimetría entre la velocidad de bajada y subida. Usa un ancho de banda de 1,2GHz y las velocidades máximas teóricas son 10Gbps de bajada y 1Gbps de subida a través del cable. Muchos despliegues usan un mismo cable para múltiples casas, por lo tanto, esta capacidad de información es compartida entre esos clientes.

Otro problema son los relacionados con la latencia y el jitter. Para poder evitar SNR altas y atenuaciones significativas en cables no aptos y obtener un mejor rendimiento, DOCSIS utiliza un esquema de codificación que ofrece mayor robustez, pero ganando latencia extra.

Sin embargo, a pesar de estos problemas el sistema DOCSIS se acerca bastante a las prestaciones de la fibra. La versión 4.0 pretende dar una máxima velocidad de bajada de 10 Gbps y 6Gbps de subida.

Con respecto a xDSL, el principal inconveniente es la velocidad. Con el ITU G.993.2 Amendment 1 o VDSL2 Annex Q la máxima velocidad teórica son 300Mbps de bajada, sin

embargo, la atenuación juega su papel y esta baja con la distancia, por lo que para lograr este valor máximo no debe existir una distancia mayor a 1 km entre el abonado y la central, algo poco práctico.

Debido a que se requiere una alta calidad de cobre para lograr los resultados óptimos, puede generar gastos elevados para su mantenimiento. Además de poseer un resultado en latencia peor a sus competidores.

2.7 Comparativa Argentina vs Otros países (en cuanto a FTTH)

2.7.1 Argentina

Tradicionalmente las redes en Argentina han sido ADSL y HFC. Hasta la consolidación del crecimiento de la fibra como jugador relevante, estas tecnologías eran las dominantes del mercado, principalmente Telefónica y Telecom con ADSL, y Cablevisión con HFC.

En el año 2016 el acceso por banda ancha se distribuía de la siguiente forma:

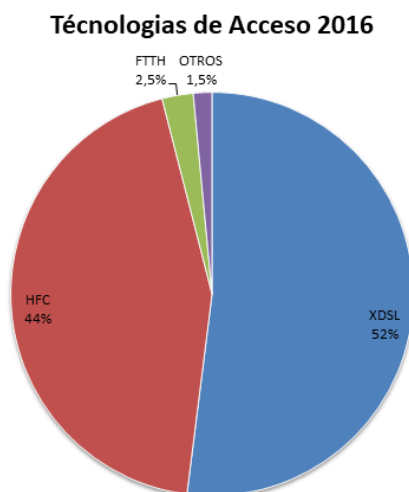


Gráfico 1 -Tecnologías de acceso por banda ancha 2016-

Con 3.723.032 de usuarios activos ADSL representaba el 52% a nivel nacional, seguido por HFC con 3.202.965 que se llevaba el 44%, mientras que FTTH quedaba en el último lugar solo alcanzando apenas el 2,5%.

La velocidad promedio de bajada en ese año era de 6,34Mbps, según datos del ENACOM.

La inversión en tendidos de fibra óptica que conecten los puntos de acceso que tiene nuestro país ubicado en la ciudad de Las Toninas, provincia de Buenos Aires, con el resto del país y la aparición de nuevas empresas en el rubro produjo un desplome del precio mayorista de internet, pasando de unos 50 dólares a 5 el mega.

Empresas como Telefónica, Telecom, SILICA, ARSAT, entre otras, son las que proveen del “internet mayorista” a aquellos ISP que brindan el servicio final a los usuarios. Las primeras dos además de tener redes propias y vender a ISP que no la posean, también ofrecen el servicio minorista.

Por Ejemplo, la Red Federal de Fibra Óptica de ARSAT en la actualidad conecta 1049 ciudades, abasteciendo a poco más de 20 millones de personas y conectando a proveedores permitiéndoles brindar y ofrecer planes con velocidades mucho mayores.

En la actualidad debido a las inversiones realizadas tanto por el sector privado principalmente como el público, se mejoró notablemente la infraestructura en materia de conectividad. Si analizamos los datos hasta el año en curso notaremos un gran cambio:

Técnicas de Acceso 2020

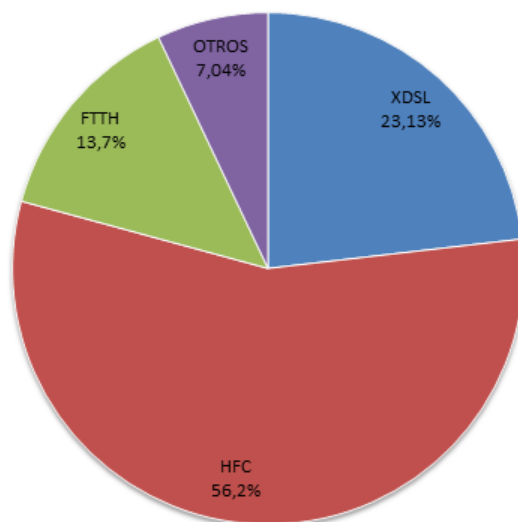


Gráfico 2 – 2020 tecnologías -

En el gráfico podemos ver una clara caída de ADSL (con 23%) con respecto a los demás y la consolidación de HFC (con 56,2%) como la tecnología más utilizada por los ISP en la República Argentina. Sin embargo, su liderazgo es seriamente amenazado por FTTH (13,7%).

Si lo comparamos con el gráfico de 4 años antes HFC aumento en un 12% pasando de tener 3.202.965 usuarios a 5.259.119 (cabe aclarar que en 2016 se totalizaban 7.199.053 usuarios y en 2020 9.356.199 según datos de CABASE), ADSL perdió más de 29% de su participación pasando a ser la segunda tecnología más usada y en un claro retroceso ante HFC y FTTH que en el futuro cercano la reemplazarán completamente. FTTH aumento a 13,7% desde la base de apenas 2% 4 años atrás.

De esta forma podemos deducir que tanto FTTH como HFC se disputarán el control en el mercado argentino. Si bien la diferencia entre ambos es grande, la primera aumentará su participación debido a la inversión que en el presente se está realizando por diversos operadores privados. Por ejemplo, en el año 2020, aún con la pandemia de COVID-19, las conexiones por fibra óptica fueron las que más crecieron con +34,58%, seguido por las conexiones inalámbricas +19,68% y el HFC +7,33%.

En nuestro país la comercialización del servicio FTTH comenzó en el año 2009 con la inversión de la empresa IPLAN en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Ya para el año 2011 había 5450 suscripciones de FTTH en nuestro país, un número sumamente bajo si consideramos que existían alrededor de 4 millones de suscriptores a internet.

La tecnología FTTH ha sido una alternativa rápida y económica para aquellos cableoperadores del interior del país que deseaban adaptar su red HFC para brindar conexiones con anchos de banda mayores. Para lograr prestaciones similares a las logradas con fibra el cable debe adoptar el estándar DOCSIS 3.1, que muchas empresas pequeñas pueden considerar costoso de adaptar a sus redes existentes.

2.7.2 Situación Internacional

La situación en el resto de mundo es muy variada. En el siguiente cuadro se reflejan los porcentajes de participación por tecnología cada 5 años en diferentes países seleccionados.

País	Tecnología (2010)	Tecnología (2015)	Tecnología * (2020)
Argentina	xDSL: 61,05% HFC: 24,56%	xDSL: 54,45% HFC: 41,5%	xDSL: 23,13% HFC: 56,2%

	FTTH: 0% OTROS: 14,37%	FTTH: 2% OTROS: 2,07%	FTTH: 13,7% OTROS: 7,04%
Chile	xDSL: 52% HFC: 47% FTTH: 0% OTROS: 1,4%	xDSL: 36,87% HFC: 51,1% FTTH: 5,38% OTROS: 6,65%	xDSL: 6,3% HFC: 47% FTTH: 41% OTROS: 5,6%
Brasil	xDSL: 63% HFC: 24,2% FTTH: 0% OTROS: 12,8%	xDSL: 52% HFC: 32,5% FTTH: 5,1% OTROS: 10%	xDSL: 19,4% HFC: 26,4% FTTH: 46,8% OTROS: 7,3%
España	xDSL: 60,1% HFC: 33,2% FTTH: 3,9% OTROS: 2,84%	xDSL: 56,65% HFC: 18,83% FTTH: 23,34% OTROS: 1,18%	xDSL: 11,32% HFC: 13,23% FTTH: 73,46% OTROS: 2%
Estados Unidos	xDSL: 34% HFC: 40% FTTH: 5% OTROS: 21%	xDSL: 27% HFC: 53% FTTH: 13% OTROS: 7%	xDSL: 18% HFC: 52% FTTH: 21% OTROS: 9%

-Tabla IV-Elaboración propia en base a datos de INDEC, Enacom, Subtel, Anatel, CNMC y RVA LLC.-

*Para los Estados Unidos los datos corresponden al año 2019

Países similares a la Argentina, si tenemos en cuenta el IDH o el PBI per cápita como Chile y Brasil, en los inicios de los despliegues de sus redes, la tecnología xDSL era la predominante seguida por HFC.

Con el paso de los años y la mayor demanda de ancho de banda, el HFC y FTTH comenzaron a reemplazar a xDSL por sus claras limitaciones para suplir esta demanda, además de requerir para un servicio aceptable una distancia entre la central y la casa del abonado de 5,5km.

En los países desarrollados esta migración comenzó antes que en los países subdesarrollados. Sin embargo, si realizamos la comparación de Argentina con Chile, podemos ver que este proceso es aún más lento.

Mientras que Chile paso de tener en el año 2010 un 52% de tecnología xDSL a en el año 2020 un 6,3%, siendo todo esto absorbido en su mayor parte por el despliegue de FTTH pasando de 0% a 41% en 10 años, la Argentina aún con valores similares no logra tener el mismo resultado contando aún con un 23% de los accesos en xDSL y una penetración de FTTH baja con respecto a mercados similares. Esto podría explicarse por la consolidación de HFC como la tecnología con mayor participación luego de la fusión entre Telecom (tecnología xDSL) y Cablevisión (HFC), además de las sucesivas crisis económicas, con devaluaciones de por medio, de los últimos años que retrasaron el despliegue de fibra al hogar.

Los Estados Unidos es un caso particular, si bien es un mercado desarrollado presenta un alto porcentaje de xDSL en sus suscriptores y un interesante, aunque lento, despliegue de FTTH. HFC ha comenzado a estancarse en los últimos 5 años, permitiendo a FTTH comenzar a ganar de a poco terreno, aunque una de las causas principales de esto puede ser las sanciones hacia las empresas chinas (líderes en el mercado de fibra) y ser este país la cuna de empresas pioneras y líderes en HFC, siendo la más importante CISCO.

El caso de España es el más interesante ya que paso de tener un alto componente de par de cobre, lo que lo convertía en uno de los países desarrollados con peor desempeño en cuanto a velocidad, a prácticamente una hegemonía de fibra alcanzando la sorprendente cifra de 73% en 10 años. Pasando de una velocidad de bajada promedio en 2010 de 5,67 Mbps a 195 Mbps en 2021.

Para finalizar con esta sección, se presenta la situación en los países de la OCDE (que posee alrededor de 454 suscriptores) a diciembre de 2020:

Tecnologías de Acceso 2020 (OCDE)

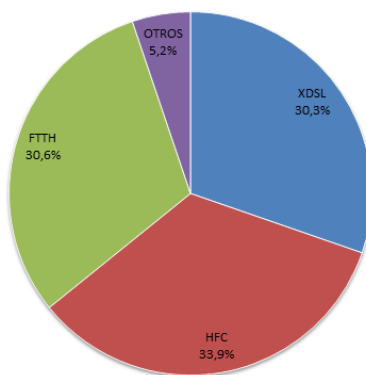


Gráfico 3 - Tecnologías de acceso 2020 -

Como análisis general, las tecnologías xDSL están siendo reemplazadas en su mayoría por Fibra Óptica. Claramente podemos decir que en el futuro cercano esta tecnología, junto con HFC, serán las que dominarán el mercado a nivel internacional.

2.8 ISPs

Las empresas proveedoras de Internet, o ISP en inglés (Internet Service Provider), son aquellas dedicadas a brindar servicios de conectividad a las personas ya sea llegando a su casa, oficina o en la vía pública. Para lograr esto, una serie de pasos son llevados a cabo. A groso modo, en la central del ISP, encontramos una OLT (Optical Line Terminal), de la cual se toma la señal y viaja a través de un cable de Fibra Óptica troncal hasta llegar a una caja negra. Aquí es donde se encuentran unos divisores ópticos, los cuales, de la señal original, la dividen y envían por otros 8 cables de F.O.; y así repetidamente hasta llegar a los clientes necesarios. Luego toma lugar la acometida o bajada del cable de F.O. hacia dentro de la instalación del cliente, en caso de ser FTTH, para conectarse con la ONT (Optical Network Terminal) que brindará acceso al medio de internet a los usuarios.

Estas empresas Telco, previo a bosquejar arduamente en un plano o arrancar a hacer pruebas de tendido en la calle, pueden simularlo previamente en un entorno virtual sobre la plataforma que ofrece el Software desarrollado. Adicionalmente, pueden obtener resultados del coste neto que tendrá dicho despliegue de Fibra Óptica, el número de ONTs necesarias, la OLT a usarse, los splitters usados, entre otros detallados puntos a tener en cuenta al momento de hacer el BOM o Bill Of Materials. Todos estos parámetros de coste quedarán guardados en una Base de Datos de equipos y componentes; los cuales en caso de cambiar de tipo de fibra o componente y pensar en tediosamente volver a realizar toda la traza del despliegue desde cero, es sencillamente editable estos componentes entrando intuitivamente a la Base de Datos y cambiando el elemento que se requiera.

2.9 Aplicaciones y/o Herramientas similares

A la hora de realizar un diseño para un posterior despliegue de una red FTTH en ocasiones en pequeñas empresas se recurre sencillamente a la hoja y lápiz sobre un mapa y/o una herramienta informática como "AUTOCAD", que muchas veces puede resultar tedioso y engorroso su aplicación a este tipo de diseños. Nuestra finalidad, como se detalló en el Abstract, es proveer una herramienta que permita simplificar el proceso.

También existen softwares específicos en el mercado, sin embargo, para muchas pequeñas y medianas empresas pueden ser prohibitivos por su alto precio además de complejo de

manipular. Estas requieren las funcionalidades básicas para obtener lograr una gestión y diseño eficaz y óptimo.

Se analizaron dos softwares disponibles en el mercado para realizar las afirmaciones de los párrafos anteriores.

El primero analizado corresponde a un software llamado “GEOFIBRA” que cumple con las funcionalidades básicas de nuestra aplicación y funcionalidades avanzadas de gestión de la red FTTH. El costo total por una licencia anual son 1600 U\$S.

Luego se analizó el software en forma de aplicación web “RedFTTH”, que posee las mismas funcionalidades de nuestra aplicación con la excepción del cálculo del BOM. El costo total anual son 156 U\$S.

Si consideráramos en el futuro comercializar nuestro desarrollo, la competencia real y directa sería con el segundo caso analizado debido a sus similitudes, sin embargo, no es nuestro objetivo por lo que estaríamos dispuestos a ofrecerlo de manera gratuita a aquellas pequeñas empresas que se encuentren en la búsqueda de una herramienta digital para realizar su despliegue.

2.10 BOM (Bill Of Materials)

En el diseño de la aplicación, se dispondrá de un BOM (‘Bill Of Materiales’) o listado de materiales, en el cual se verá reflejado todos los componentes utilizados en el tendido de la red FTTH y sus respectivos precios, sumado a un “Total gastado” para conocer el presupuesto que se tendrá que afrontar para implementarlo en la instalación real. En el apartado de “Proyecto” más adelante se realizará un ejemplo del BOM de un despliegue.

2.11 Lenguaje de Programación

La aplicación fue desarrollada principalmente en Python y JavaScript. Se escogieron estos lenguajes por su simpleza de sintaxis, versatilidad y la gran cantidad de aportes que se encuentran disponibles.

Python (versión 3) se utilizó para el lado del servidor, encargado de realizar el procesamiento de la información como por ejemplo cargar datos recibidos por el cliente en una base de datos, enviar datos al cliente, leer y guardar archivos json con las

configuraciones, entre otros. El framework empleado para crear un servidor fue Flask, mientras que la base de datos MySQL.

En la parte del cliente JavaScript se complementa con HTML y CSS para lograr una interfaz gráfica con funcionalidades que logren las premisas del presente trabajo: sencillez, rapidez y practicidad.

2.12 Prueba de simulación del Software

Para demostrar la implementación del Software, se puso en marcha el software implementándolo en las cercanías de la Universidad Nacional del Sur- Bahía Blanca, donde transcurren todos los años decenas de centenas de alumnos interesados en estudiar en la UNS. Por esta razón, se pensó en una empresa de Telecomunicaciones que quisiera brindar servicio de conectividad (Internet, TV, etc) en los alrededores de la Universidad para satisfacer la demanda de los estudiantes y familias que viven cerca de la universidad. Por medio del software, se realizó varios despliegues FTTH para que potencialmente pueda llegar a la mayor cantidad de clientes posibles la empresa proveedora de servicios de Internet o ISP. En la sección “Proyecto” se desarrollará la puesta en marcha del software, su explicación y como se atacó la iniciativa del despliegue en la zona.

3 Teoría y Tecnología

3.1 Composición de la Fibra Óptica:

La fibra es una guía de ondas dieléctrica la cual trabaja en frecuencias dentro del espectro óptico. Dos elementos básicos son los que componen este conductor de F.O. (fibra óptica): el -Core o núcleo- y el -cladding o recubrimiento-, cada uno compuesto por un material con un índice de refracción distinto uno del otro. Por ese motivo, al hablar de “10/125 - 62.5/125 m.m“, se está haciendo mención a la relación diámetro del núcleo-recubrimiento.

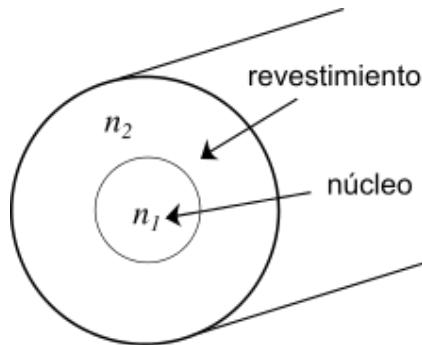


Ilustración 1 -Core y cladding de la fibra óptica, con distintos Índices de refracción “n”-

Luego, por fuera del revestimiento, tenemos un recubrimiento que protege a la F.O y se elige dependiendo la fibra para poder obtener un determinado rendimiento. El acrilato es de los recubrimientos más comunes y ayuda absorbiendo golpes, humedad y muescas por rasguños. Pero más allá de esto, este es una parte esencial en el cable de fibra, ya que, si hubiera un corte en este recubrimiento, el pelo de vidrio podría romperse.

3.2 Tipos de Fibra

Existen tres tipos de Fibra Óptica:

- Fibra monomodo de índice escalonado
- Fibra multimodo de índice escalonado
- Fibra multimodo de índice graduado

3.2.1 Fibra monomodo de índice escalonado

Posee un núcleo lo suficientemente pequeño (aproximadamente 10 micrómetros) como para que solamente exista un solo rayo de luz que se propague a través del cable. El índice de refracción del revestimiento es mayor que el del núcleo y es uniforme en toda su expansión.

Cuando la luz ingresa en la fibra viaja virtualmente en línea recta a través del núcleo y los pulsos introducidos en un extremo transmisor son recibidos en el otro con una dispersión muy pequeña.

Debido a su reducido diámetro, dentro de ella, se propaga un solo rayo de luz por lo que la dispersión modal será prácticamente despreciable. Puede transmitir elevadas tasas de información y cubrir distancias grandes.

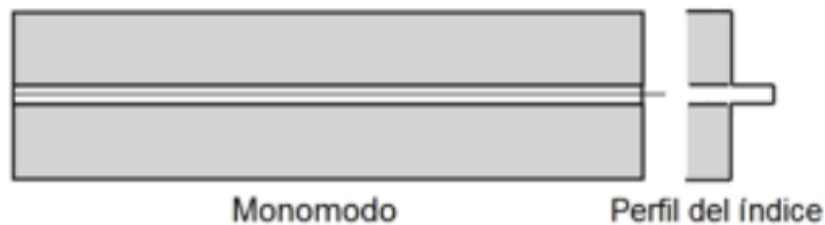


Ilustración 2- Fibra monomodo con índice escalonado-

Como desventaja tiene que la luz se acopla con dificultad ya que tienen un ángulo de aceptación pequeño y una abertura pequeña entre la fuente y la fibra.

Se utilizan mayoritariamente para aplicaciones de transmisiones a larga distancia.

3.2.2 Fibra multimodo de índice escalonado

Las de tipo multimodo tienen un diámetro de núcleo más grande, lo que permite que múltiples rayos de luz puedan propagarse por ella con diferentes trayectorias, utilizando el principio de reflexión total para lograr llegar de un extremo a otro.

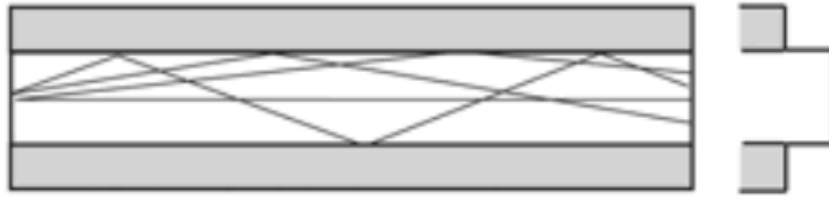


Ilustración 3-Multimodo de índice escalonado-

Debido a que existen diferentes trayectorias que toman los haces, la dispersión modal será considerable, lo que perjudica en la transmisión de la información.

3.2.3 Fibra multimodo de índice gradual

Las Fibras de Índice graduado están fabricadas de forma que el núcleo tenga diferentes índices de refracción. Esto provoca que los rayos estén pasando de forma constante de un material menos denso a otro más denso (es máximo en el centro y va disminuye a medida que se aleja de él), describiendo los haces de luz en una trayectoria curva.

Los rayos de luz se refractan constantemente dentro de la fibra. Aquellos rayos de luz que pasan por el centro viajan más lentos que los que se van alejando del mismo, ya que el índice de refracción aumenta cuando se acerca al centro por lo tanto la velocidad en esa zona (son inversamente proporcional) disminuye, en forma opuesta ocurre cuando se aleja.

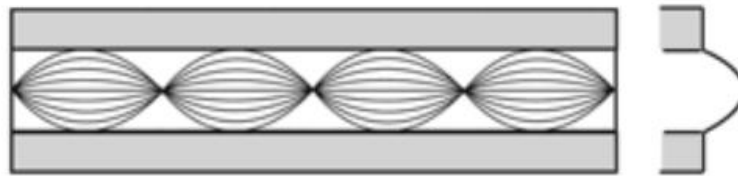


Ilustración 4-Multimodo de índice gradual-

Las Fibras multimodo presentan las ventajas de que son más fáciles de empalmar, su fabricación es sencilla y económica, sin embargo, su aplicación se reduce a distancias de 2 km.

3.3 Estándares de la ITU

3.3.1 Monomodo:

Estandar	Breve descripción
G.652	Describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra monomodo y cable con dispersión cero alrededor de los 1310 nm. Surgió por primera vez en 1984 y se actualizó por última vez en 2016. Se subdivide en G.652.A, B, C y D.
G.653	Describe una fibra monomodo con dispersión desplazada que tiene una longitud de onda de dispersión cero nominal cercana a los 1550 nm, y un coeficiente de dispersión aumenta constantemente con la longitud de onda.
G.654	Denominada Fibra de corte desplazado (CSF) de muy baja pérdida. Posee una longitud de onda de dispersión cero alrededor de los 1300 nm, con pérdidas minimizadas y un corte desplazado a una longitud de onda alrededor de 1550 nm. Se emplea en enlaces transoceánicos.
G.655	Posee dispersión desplazada no nula. Se usan entre 1450 nm y 1625nm.
G.656	La dispersión cromática es mayor que algún valor distinto de cero en todas las longitudes de onda entre 1460 nm y 1625 nm.
G.657	Llamada Fibra óptica insensible a la flexión (BISMF). Poseen mejoras ante flexiones en el cable con un rendimiento de pérdidas superior a las demás. Se subdivide en G.657A (1260nm a 1625nm bandas S, C y L) y G.657B (1260nm a 1625nm bandas D, E, S, C y L5).

-Tabla I-

3.3.2 Multimodo:

La recomendación G.651 describe una fibra óptica multimodo de índice gradual de entre 50/125 μm (micrómetros) que está adaptada para trabajar en 850 nm o 1300 nm.

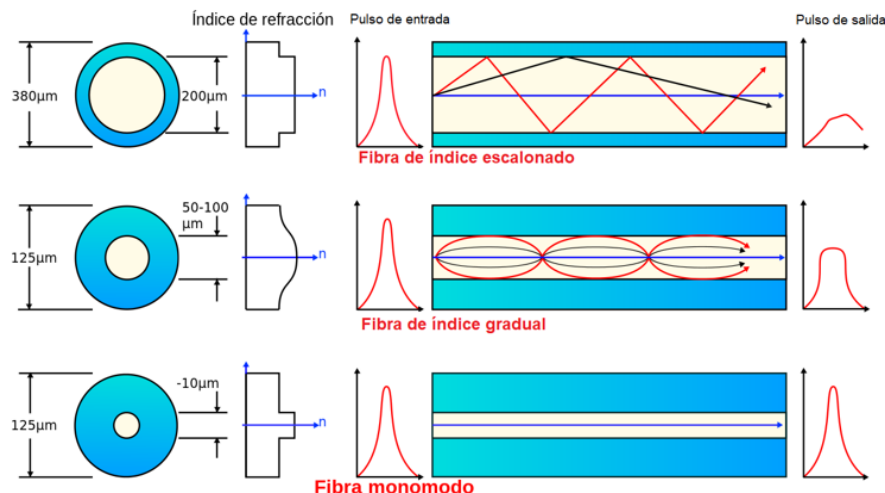


Ilustración 5-Comparación entre las fibras -

Según las normas G.652 y G.657 de la UIT, se utiliza para aplicaciones de redes FTTH las fibras monomodo.

Se utilizan las longitudes de onda de 1310 μm y 1550 μm ya que poseen la menor atenuación.

3.4 Incidencia del Haz de luz en la F.O.

Es de suma importancia el comportamiento del haz lumínico que viaja dentro del cable de Fibra. Por eso se exponen los siguientes:

3.4.1 Ángulo crítico

El ángulo crítico es aquel ángulo del rayo de luz incidente que provoca que el rayo refractado sea de 90° , desde un medio con mayor índice de refracción a un medio con menor índice de refracción.

3.4.2 Principio de Reflexión Total Interna

Este principio físico explica como los rayos de luz se propagan a través de la fibra óptica logrando llegar desde un punto inicial a un punto final.

Se produce Reflexión Total Interna cuando se supera a ese ángulo crítico, por lo tanto, los rayos no se refractan, sino que solo se reflejan.

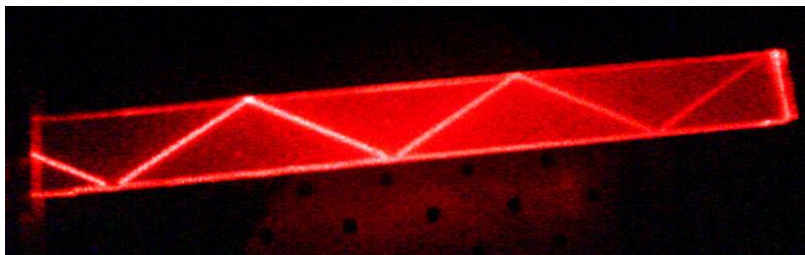


Ilustración 6-Reflexión de los haces de luz dentro de la fibra-

Dentro de la fibra los haces de luz se refleja constantemente en las paredes del núcleo y el revestimiento hasta llegar al otro extremo.

3.4.3 Ángulo y Cono de aceptación

Este término refiere a la capacidad de concentración de luz que posee el cable de fibra óptica. En otras palabras, la facilidad de acoplar la luz de la fuente emisora hacia el interior de lo que es el cable de la fibra óptica.

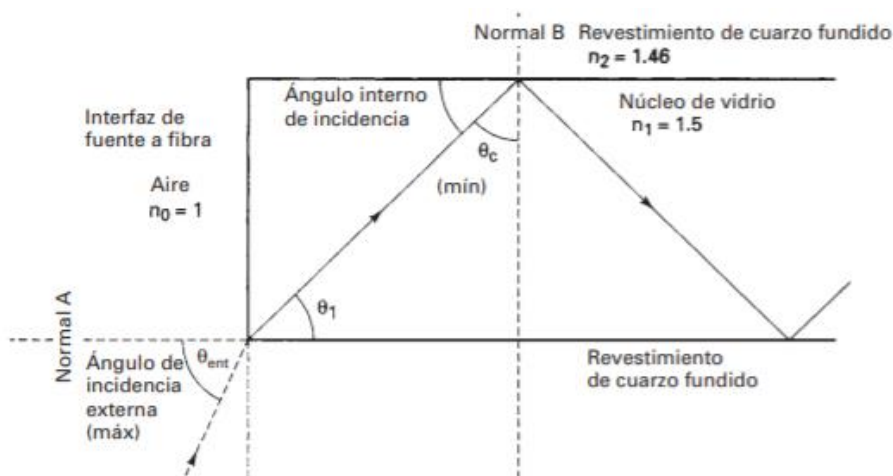


Ilustración 7- Propagación de un haz al momento de entrar y recorrer el cable de FO. -

3.4.4 Apertura numérica

Esta se relaciona con el concepto visto de “Ángulo de aceptación” y es la figura de mérito que se suele usar para lo que refiera a medir la magnitud de este ángulo de aceptación.

Básicamente, la apertura numérica se usa para describir la capacidad de reunir la luz que tiene una fibra óptica. Al ser mayor la magnitud de APERTURA NUMERICA, la fibra acepta mayor cantidad de luz externa. Los rayos de luz que entran al cable desde el exterior del cono de aceptación entrarán al revestimiento y, en consecuencia, no se propagarán por el cable.

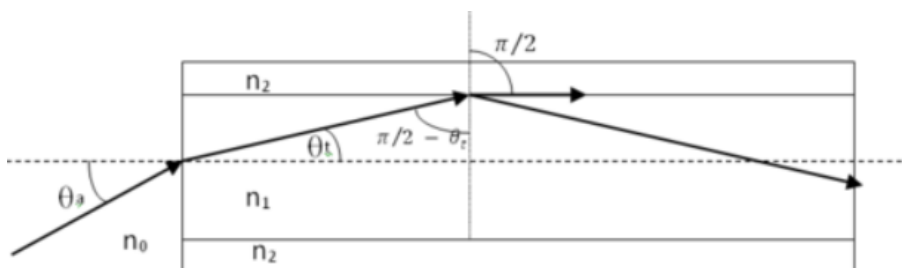


Ilustración 8 -Apertura numérica de la fibra y su haz incidente-

3.4.5 Pérdida en los cables de Fibra óptica

La luz, al viajar dentro de las impurezas del vidrio del canal, se encuentra con partículas tales como las de metal o partículas de humedad. Estas pueden afectar a parte de la luz, absorber y desvanecer/disipar la luz en energía en forma de calor, la cual claramente no tiene utilidad y se convierte en una pérdida. A la pérdida de esta potencia luminosa se la conoce como Atenuación. Por lo general, en las F.O. de carácter multimodal se suelen apreciar mayores pérdidas de atenuación que en las fibras unimodales, debido principalmente a la mayor dispersión que se presenta de la onda lumínica, causada por las impurezas.

TABLA 11-3 Atenuación en el cable de fibra óptica

Tipo de cable	Diámetro del núcleo (μm)	Diámetro del revestimiento (μm)	NA (adimensional)	Atenuación (dB/km)
Unimodal	8	125	—	0.5 @ 1300 nm
	5	125	—	0.4 @ 1300 nm
Índice graduado	50	125	0.2	4 @ 850 nm
	100	140	0.3	5 @ 850 nm
Índice escalonado	200	380	0.27	6 @ 850 nm
	300	440	0.27	6 @ 850 nm
PCS	200	350	0.3	10 @ 790 nm
	400	550	0.3	10 @ 790 nm
Plástico	—	750	0.5	400 @ 650 nm
	—	1000	0.5	400 @ 650 nm

Ilustración 9-Tabla de atenuación extraída del libro -Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición, Wayne Tomasi-

Las pérdidas por absorción son una de las primordiales pérdidas dentro del ecosistema de Fibra óptica y puede ser definida como la porción de pérdida de señal debido a su conversión en otras formas de energía tales como calor. En esencia, hay ciertos factores que se ven involucrados en contribuir con las pérdidas por absorción en el cable de la F.O.: absorción de ultravioleta, absorción de infrarrojo y absorción de resonancia iónica.

3.4.6 Pérdidas en material, o por dispersión de Rayleigh

La absorción intrínseca: Las propiedades básicas de la F.O. causan esta misma pérdida. Dependen de la composición del vidrio y no pueden ser eliminadas. La interacción entre los fotones de la luz y las partículas, originan vibraciones moleculares que forman “picos de absorción” que se centran en determinadas λ (lambda) -longitudes de onda (detalladas en la ilustración). De esta forma, se alcanza un límite el cual es puramente de carácter teórico. Estas absorciones son de carácter considerable si es que nos ubicamos por debajo del ultravioleta (0.8 μ m) y por arriba del infrarrojo (1.1 μ m) , como se ilustra en la gráfica.

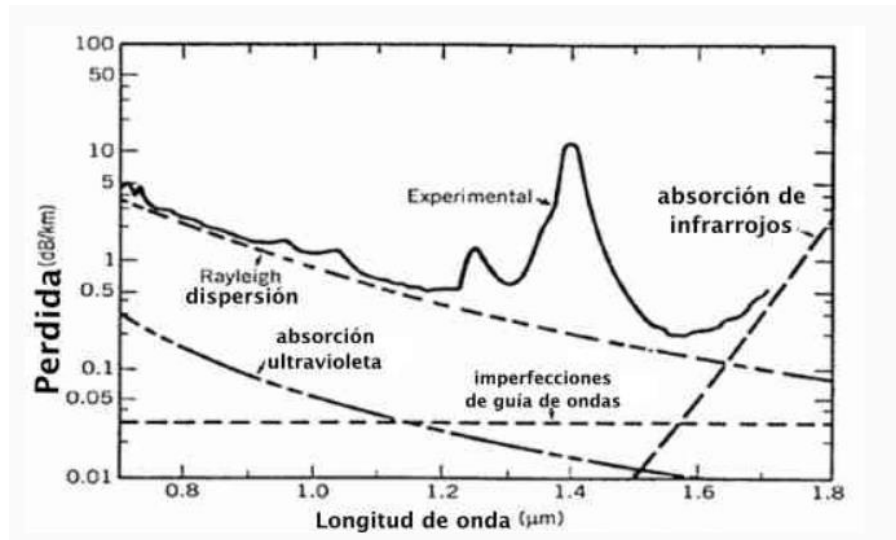


Ilustración 10-Figura del libro -Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición, Wayne Tomasi. Pérdidas por Longitud de onda-

3.4.7 Dispersión cromática o de longitudes de onda

El índice de refracción de un material, el cual nos muestra cuanto es que la velocidad de la luz es reducida en este material, depende de la longitud de onda que incida. Los LED (light emission diode), emiten luz que contiene una combinación de varias longitudes de onda. Cada componente de λ (Long. de onda) viaja a una velocidad característica, distinta al de cada una. En consecuencia, los haces de luz que desprende al mismo tiempo un LED y que se propagan por medio de la fibra óptica, llegan a destiempo al otro extremo de la F.O. Esto origina que la señal recibida se distorsione. A esta distorsión se la denomina 'distorsión cromática'. Una fuente de tipo monocromática puede eliminar esta distorsión, como por ejemplo un diodo láser de inyección (ILD), el cual emite una única componente en los 780nm.

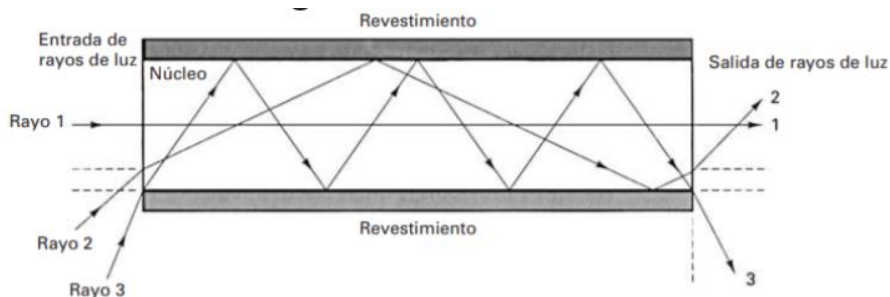


Ilustración 12-Figura del libro -Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición, Wayne Tomasi - Desorden caótico de diversas componentes de longitudes de onda-

3.4.8 Dispersión Modal

Esta es causada por la diferencia que se presenta en los tiempos que tardan en propagarse los diferentes rayos de luz que toman caminos o trayectorias distintas dentro de la F.O. Esta dispersión puede causar que el pulso energético de luz se siga dispersando a medida que se propaga por el medio (la fibra). Si el pulso es muy grande, este esparcimiento puede provocar que un pulso caiga arriba del pulso siguiente. A esto se lo conoce como interferencia Intersímbolo

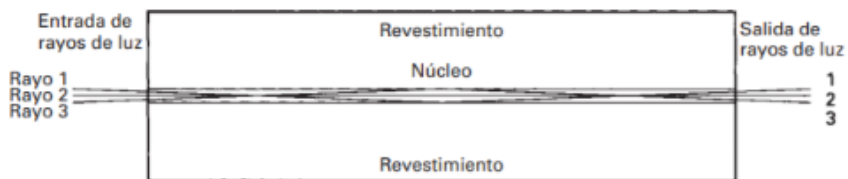


Ilustración 13-Figura del libro -Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición, Wayne Tomasi. Fenómeno de dispersión Modal en fibra de índice escalonado-

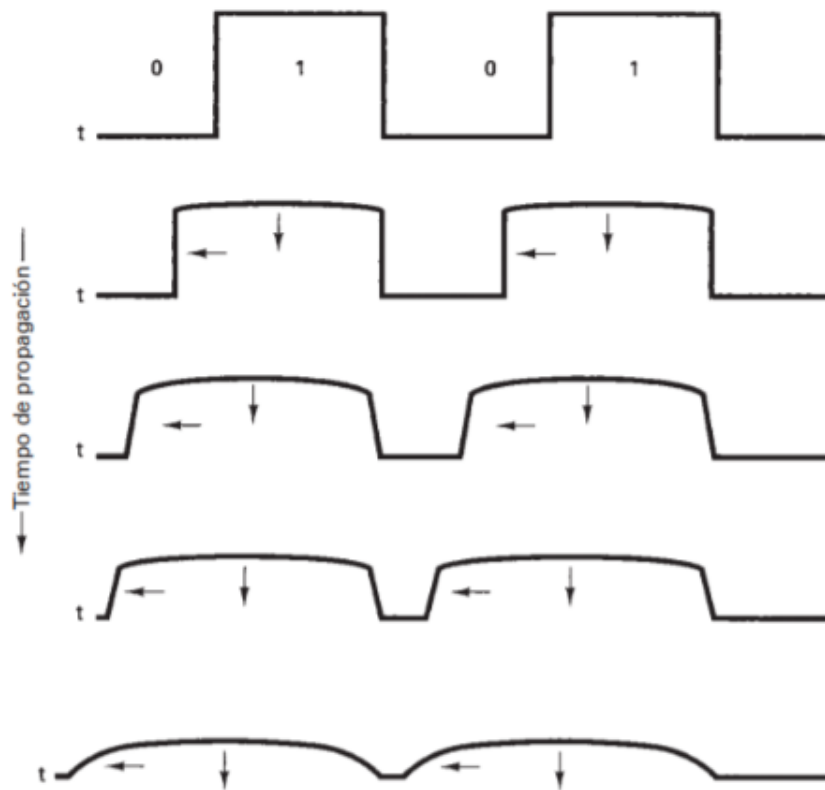


Ilustración 14-Figura del libro -Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición, Wayne Tomasi. Dispersión en el ancho de un pulso en cable de F.O.-

3.4.9 Pérdidas en las uniones:

Se debe a las LINEACIONES. De esta hay varios tipos: desalineamiento lateral, desalineamiento de entrehierro, desalineamiento angular y acabados superficiales imperfectos.

A) Desalineamiento lateral es el desplazamiento lateral entre los dos tramos de cables de fibra adjuntos. Se pueden dar desde un par de dB de pérdida, hasta varias decimes de dB.

B) Desalineamiento de entrehierro, a veces llamado separación entre extremos, toma lugar al momento de hacer empalmes entre las fibras ópticas. Estas fibras se deben tocar realmente deben tocarse. Mientras más lejos queden entre sí, mayor será la pérdida de luz.

C) Desalineamiento angular, a veces se llama desplazamiento angular. Si el desplazamiento angular es menor que 2° , la pérdida será menor que 0.5 dB.

D) Acabado superficial imperfecto. Este se produce cuando los extremos de las dos fibras adjuntas no quedan pulidos como corresponde y no asientan de manera correcta entre sí.

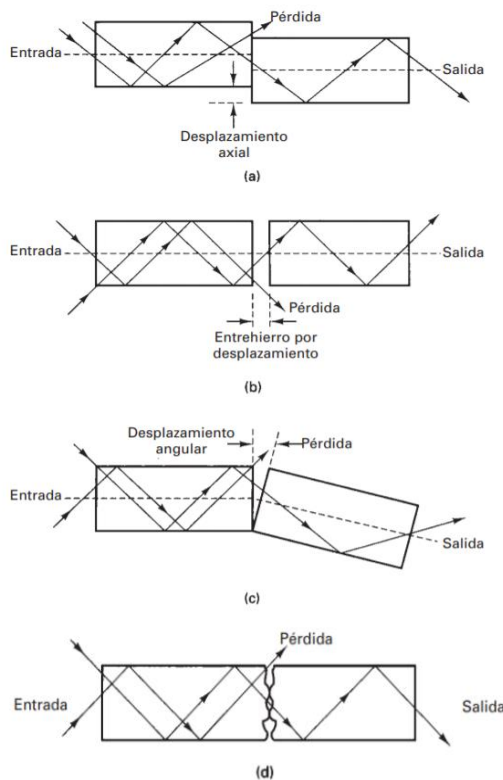


Ilustración 15-Figura del libro -Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición, Wayne Tomasi. Pérdidas por las distintas lineaciones de la fibra-

3.5 Redes

En la actualidad, ya sea en una casa, en las diversas facultades de una universidad y también de manera internacional, los sistemas informáticos independientes se encuentran conectados entre sí. Sin esta conexión, no podría haber intercambio de información entre diferentes equipos que se conecten a la red.

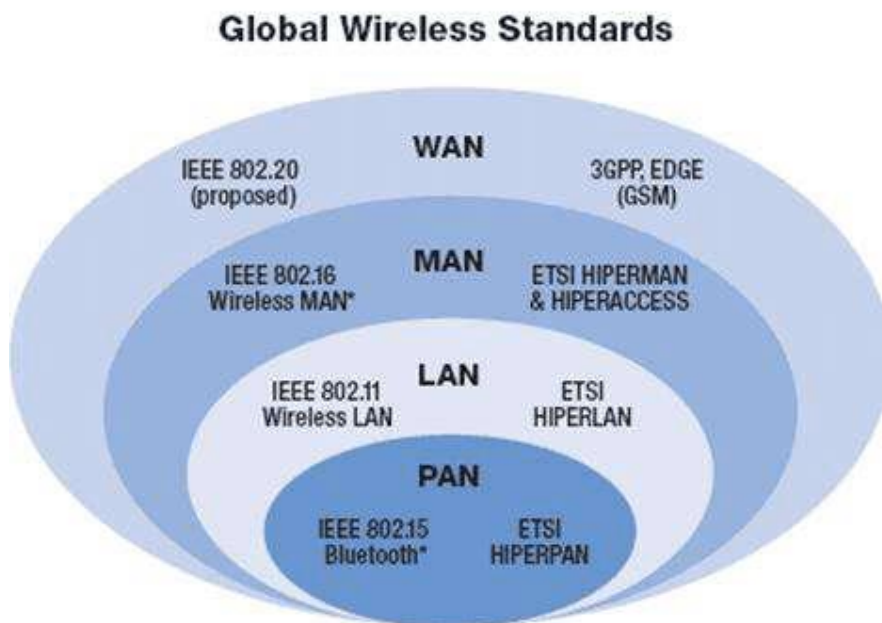


Ilustración 16-Extensión y estándares globales de las redes-

https://www.researchgate.net/figure/Global-Wireless-Standards-c-Storage-Area-Network-SAN-A-storage-area-network-SAN-is-a_fig3_337800413

A continuación, expondremos los tipos de topologías de redes que existen.

3.5.1 Red LAN

Redes de Área local o Local Area Networks son redes que se basan en un alcance físico de orden reducido, por ejemplo, una casa o como mucho un edificio no muy extenso. Se permite intercambio de recursos y datos a velocidades consideradas altas, ya que esta información viaja por cables estilo par trenzado o también por Fibra óptica. Un estándar muy frecuente usado en estas redes es la conexión vía cable Ethernet.

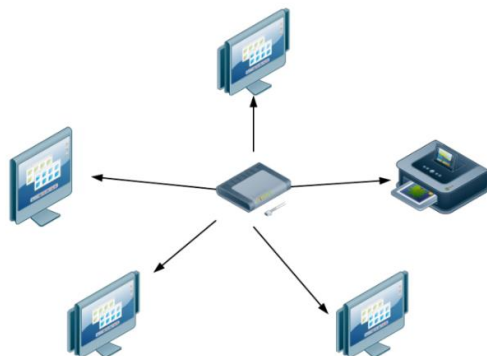


Ilustración 17 -Red de Área Local (LAN network) -

<https://johanafinal.wordpress.com/contacto/>

3.5.2 Red MAN

Metropolitan Area Network. Es una red de un mayor ancho de banda que la LAN que comunica varias redes LAN de una zona geográfica cercana.

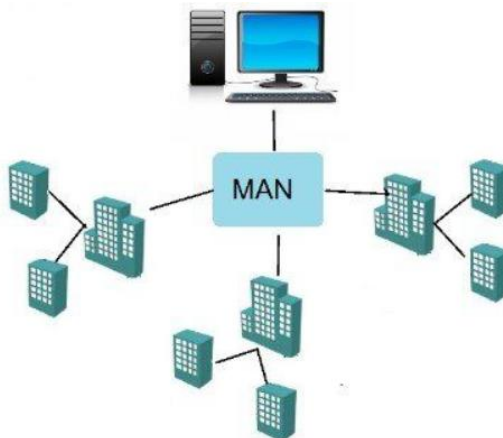


Ilustración 18 -Red de Area Metropolitana (MAN network)-

<https://app.emaze.com/@AOWOCZCOZ>

3.5.3 Red WAN

Wide Area Network. Son redes de una amplia área, la cual abarca extensiones entre países o continentes. En estas redes, las técnicas como IP/MPLS, PDH, SDH, SONET, ATM, entre otros; desarrollan un papel importante. Las redes WAN suelen pertenecer a entidades o corporaciones, y en la mayoría de los casos suelen ser gestionado o alquilados de manera privada.

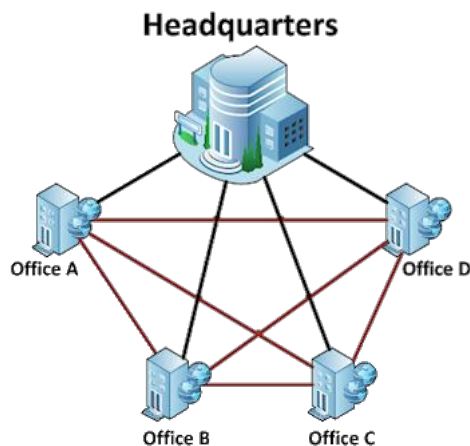


Ilustración 19 -Red de Area Amplia (WAN network) <https://agilitycommunications.net/wan-connectivity-options-for-secure-networks/>

3.5.4 Red VPN

Virtual Private Network. Son redes de comunicación de carácter virtual, las cuales usan infraestructura sobre redes físicas para asociar, de forma lógica, los diferentes sistemas informáticos. Para acceder a una conexión a Internet, el PC, la televisión, el móvil y demás equipos por lo general se comunican con el router que conecta el hogar de uno, con el ISP (Proveedor de Internet). Una conexión VPN lo que permite es dimensionar una red local sin que haya necesidad alguna de conexión física entre los integrantes entre sí, sino a través del Internet.

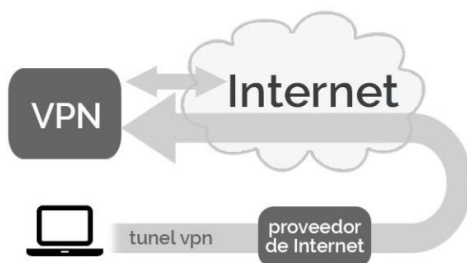


Ilustración 20 -Conexión a servidor VPN-

3.5.5 Red FTTH

Debido a los beneficios de la Fibra Óptica, en los últimos años se han comenzado a desplegar redes de fibra que llegan directamente al cliente. Ventajas como aumentar ampliamente el ancho de banda ofrecido sin tener un incremento en el costo y mantenimiento de la red.

En países en los cuales el cobre era el medio dominante por excelencia, irrumpió generándoles una seria competencia a estos medios tradicionales que comenzaron a perder terreno.

Los países desarrollados fueron los pioneros en el despliegue, sin embargo, en los últimos años países en vías de desarrollo han comenzado velozmente con el reemplazo de sus redes de cobre por redes de fibra óptica.

Sin embargo, las redes FTTH no son los únicos tipos de redes de fibra. A continuación, se listan algunos:

- FTTH (Fiber to the Home): La fibra óptica llega directamente a la casa del abonado desde la central del proveedor.
- FTTO (Fiber to the Office): La fibra óptica llega a la oficina. Similar a FTTH, pero con características propias para una oficina, por ejemplo, Videoconferencias, Teléfonos IP, etc.
- FTTB (Fiber to the Building): La fibra óptica llega hasta la acometida del edificio. La fibra se conecta a un punto de distribución común para los abonados del edificio. Luego los usuarios se pueden conectar por otra tecnología.
- FTTN (Fiber to the Node): La fibra óptica llega hasta el nodo, normalmente ubicado estratégicamente en la calle a unos metros del abonado.

3.6 Redes PON

Una red PON (Passive Optical Network) es un sistema de comunicaciones de fibra óptica punto-multipunto, que no requiere de alimentación eléctrica en el camino de las señales desde la fuente hasta el destino.

Originalmente fue diseñada para permitir a las compañías brindar servicios adicionales a los existentes a los usuarios residenciales, tales como datos, voz y video.

Permite reducir la cantidad de fibras necesarias para llegar a múltiples usuarios, utilizando divisores ópticos pasivos (splitters) dividiendo la señal de forma tal que la señales lleguen con buena potencia al otro punto de la red. Por lo general se trabaja con divisiones de 32 o 64 usuarios.

Solo existen equipos activos en los extremos de la red: la OLT dentro de la central del operador y la ONT dentro del hogar del abonado; el resto de la red se basa en componentes pasivos. Esto es una gran ventaja con respecto a redes HFC o DSL debido a que no se requiere de suministro eléctrico para el funcionamiento de los equipos en la calle y todos los problemas que esto genera.

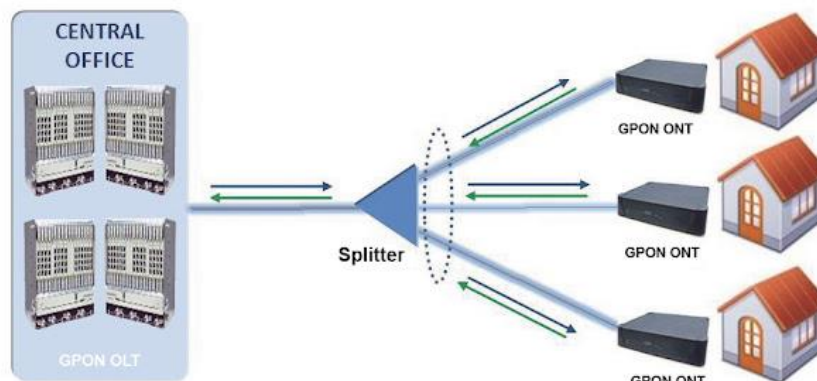


Ilustración 21 -Arquitectura de red PON con capacidad de Gigabit- (Fuente: www.syscomblog.com)

Debido a que se utiliza el mismo cable para la transmisión y recepción de datos, se emplean WDM y TDM para su multiplexación.

WDM (Wavelength division multiplexing) permite una conexión full-duplex a través de un mismo cable de fibra usando diferentes longitudes de ondas para cada dirección. Para la bajada (o downstream) 1490nm y para la subida (o upstream) 1310nm, mientras que los 1550 nm se reservan para Back-up o algún otro servicio que se desee brindar.

TDM (Time division multiplexing) es utilizada para que los dispositivos finales pueden enviar y recibir señales independientes a través de misma fibra, reservando times slots. TDMA (time-division multiple access) permite la transmisión de información de varias OLTs sobre el mismo canal en diferentes times slots. TDM es aplicada para la bajada y TDMA para la subida.

La tecnología PON ha evolucionado desde su salida. En la siguiente sección hablaremos sobre los diferentes tipos que existen y los estándares de la ITU y la IEEE. En la actualidad sus variantes más utilizadas son las GPON y EPON.

3.6.1 Tipos de redes PON

3.6.1.1 APON

APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network) formó parte del primer estándar ITU-T G.983, que tenía la finalidad de unificar las especificaciones existentes en un estándar universal para el servicio de banda ancha.

En el canal descendente celdas ATM (Asynchronous Transfer Mode) de 53 bytes, transmiten los datos que se distribuyen entre las ONTs existentes. Puede operar con dos tasas: 155 Mbps simétrico y asimétrico (622 Mbps en canal descendente y 155 Mbps en el ascendente).

Con respecto al canal ascendente, contiene 53 celdas de 53 bytes cada una. La OLT se comunica con la ONT y le solicita que le envíe celdas ATM a través de las PLOAM (Physical Layer Operations, Administration and Maintenance), que van por el sentido descendente.

3.6.1.2 BPON

BPON (Broadcast Passive Optical Network), al igual que APON, está incluido en el estándar ITU-T G.983. Inicialmente permitía, para ambos sentidos, una tasa de 155 Mbps. Luego fue modificada para soportar otras configuraciones:

- 155 Mbps en canal ascendente
- 622 Mbps en canal descendente
- Simétrico de 622 Mbps

Fue una mejora de APON, con el objetivo de permitir brindar acceso a más servicios como video, VPL, Ethernet y WDM. Comparte prácticamente las mismas características con APON, aunque puede dar soporte a otros estándares.

Debido a su alto coste y limitaciones técnicas, no han sido tan utilizadas como las demás.

3.6.1.3 EPON

EPON (Ethernet Passive Optical Network) es una especificación realizada por la IEEE para combinar Ethernet con las redes pasivas de fibra óptica.

La norma IEEE 802.3ah permite transmitir tráfico Ethernet, en vez de las celdas ATM y sus limitaciones, aprovechando las ventajas de utilizar fibra óptica. Cumple con la norma IEEE 802.3, soportando velocidades de Gigabit.

Al utilizar interfaces Ethernet, los equipos son más económicos que los utilizados con otros estándares. Además, permite ofrecer calidad de servicio (QoS) en los canales ascendentes y descendentes.

El monitoreo y administración de la red se realiza mediante el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol).

La tasa de bits máxima es de 1,25 Gbps, tanto para el canal ascendente como para el descendente. La ratio de división máximo es de 1:32, es decir que cada sistema se puede conectar con hasta 32 ONTs con un máximo de 32 divisores.

Otorga grandes ventajas para la transmisión de datos, es flexible, escalable y posee una alta seguridad. Además de dar la posibilidad de brindar servicios de telefonía IP e IPTV.

3.6.1.4 GPON

GPON (Gigabit Passive Optical Network) es un estándar (G.984) para redes ópticas pasivas (PON) publicado y elaborado por la ITU. Detalla los requerimientos para el medio óptico y los equipos a utilizar. Tiene el objetivo de lograr mejorar en términos de ancho de banda con respecto a sus antecesores. Es la evolución de los anteriores tipos. Se emplea en la actualidad en la mayoría de redes FTTH.

Describe una red de acceso óptica capaz de soportar la demanda de ancho de banda para usuarios residenciales y comerciales. Permite velocidades de hasta 2488Mbps simétricos y asimétricos.

Utiliza TDMA (Time Division Multiple Access), además de Reed-Salomon, para la corrección de errores, y AES para encriptar.

Adopta WDM para la transmisión de información en diferentes longitudes de ondas en una misma fibra que van desde los 1310nm para la subida, 1490nm para la bajada y 1550nm para otros servicios como transmisión de televisión por suscripción.

En la práctica la ratio de división máximo es 1:64, por lo que es posible brindar un ancho de banda muy superior, que las anteriores recomendaciones, por usuario.

Debido a que no es necesario un cambio de componentes y equipos, resulta de fácil migración desde otras tecnologías.

Utiliza el método de encapsulación GEM (GPON Encapsulation Method), por lo que es capaz de soportar servicio Ethernet, ATM, TDM, entre otros.

A continuación, se detallan algunas características adicionales de GPON:

- Alcance máximo de 60km. Debe haber 20km de distancia entre las ONTs
- Soporta TDM nativo, TDM sobre ATM y TDM sobre paquetes
- Es posible transmitir video RF
- Utiliza el algoritmo de cifrado AES para dar seguridad

3.6.1.5 GEPON

GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) representa las características de la tecnología EPON con el soporte de velocidades de orden de los Gigabits por segundo (Gbps).

Al igual que EPON, combina las tecnologías Ethernet con las de Passive Optical Network. Utilizando la fibra óptica como medio para enviar datos a través de Ethernet con una velocidad de Gbps.

Esta combinación tiene la ventaja de ser de bajo costo, gran ancho de banda, escalable, flexible, fácil mantenimiento, entre otras.

La información viaja por el canal descendente desde la central del proveedor hacia los equipos de los usuarios en forma de paquetes de longitud variable, en el cual cada uno tiene un header único que identifica el destino. Este puede ser un paquete de broadcast o multicast, dependiendo si se envía hacia todas las ONTs o un grupo. Cuando estos llegan a cada ONT, esta se encarga de identificarlos y conserva los que van dirigidos hacia ella, los demás los descarta. Luego de registrarse, a la ONT se le asigna un identificador asociado con su MAC único llamado LLID (Logical Link Identifier). De esta forma cuando la OLT recibe información, la compara con el registro que posee de LLIDs para conocer el destino de esos datos. De la misma forma, la ONT solo recibe los mensajes de broadcast o aquellos que se dirigen hacia ese identificador único.

En el canal ascendente, la OLT compara los registros de LLIDs antes de recibir la información. Cada ONT envía una trama en un slot de tiempo asignado por la OLT.

Está compuesto por la OLT (Optical Line Terminal), la ODN (Optical Distribution Network) y las ONTs (Optical Network Terminal).

3.7 Redes GPON

3.7.1 Definición

Es una red de telecomunicaciones sobre la cual es posible la transmisión de diferentes servicios sobre una única red de fibra óptica. Es pasiva, por lo que no se requieren equipos con energía eléctrica como en otras tecnologías (HFC, por ejemplo) que añaden problemas adicionales. Combina los beneficios de la fibra óptica y PON para lograr una red eficiente y escalable.

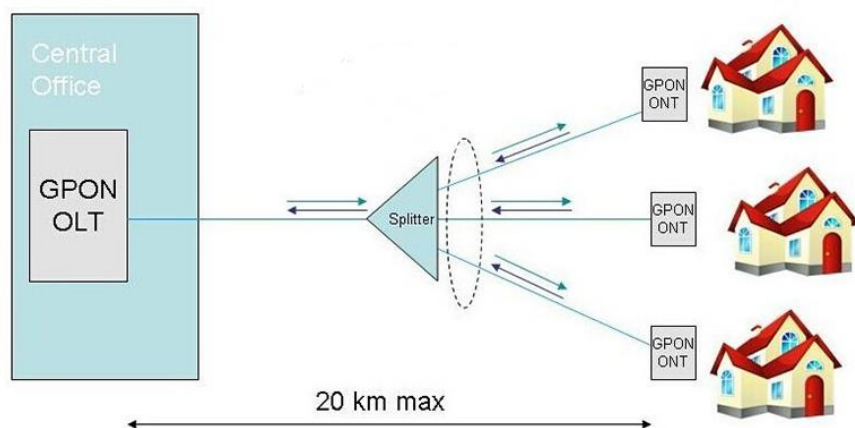


Ilustración 22 -Esquema básico de red FTTH GPON (Fuente: Google Images)-

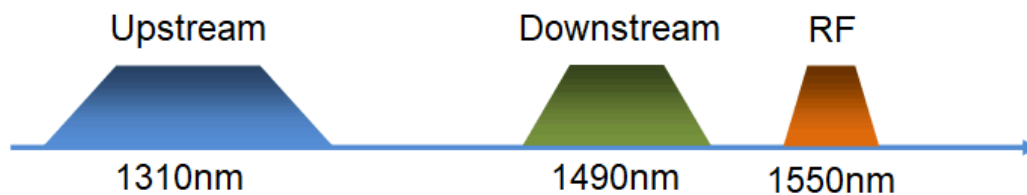


Ilustración 23 -Espectro GPON con tres frecuencias-

3.7.2 Características

En el siguiente cuadro se detallan las principales características de las redes GPON:

Características	Detalles
Velocidad Downstream	2488Mbps, 1244Mbps
Velocidad Upstream	2488Mbps, 1244Mbps, 622Mbps, 155Mbps
Alcance lógico máximo	60km
Alcance físico máximo	20km
Ratio máxima de splitteo (teórico)	1:128
Ratio máxima de splitteo (práctico)	1:64
Soporte TDM	TDM nativo, TDM sobre

	ATM y TDM sobre paquetes
Eficiencia	Downstream: 93% Upstream: 94%
OAM	PLOAM+OMCI
Seguridad en el canal descendente	AES
Codificación de línea	NRZ
Método de encapsulación	GEM
Tráfico soportado	Ethernet, SDH, ATM
Longitudes de onda	Downstream: 1490nm Upstream: 1310nm RF: 1550nm

-Tabla II-

3.8 Canal Descendente

El tráfico del canal de Downstream es aquel que se propaga desde la OLT hacia las ONTs de los usuarios de la red.

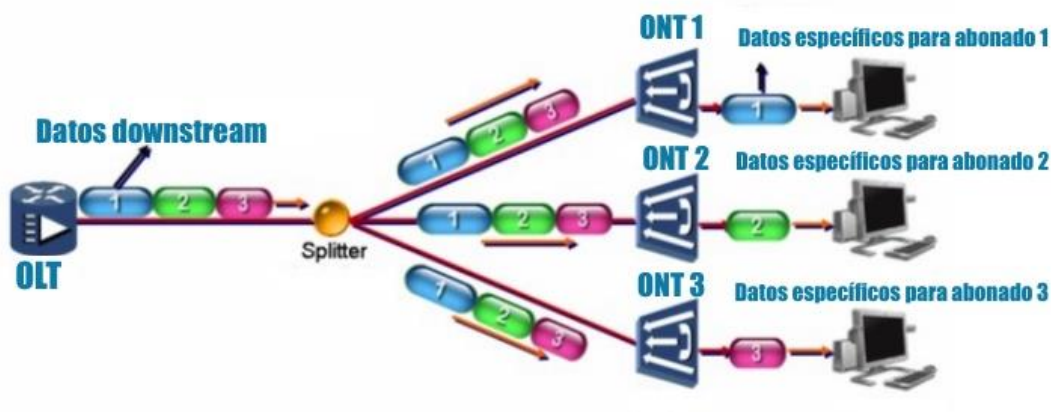


Ilustración 24 -Canal Descendente en una red GPON - (Fuente: www.naseros.com)-

Como se puede observar en la imagen, los paquetes del canal descendente se envían como broadcast, es decir llegan a todas las ONTs. Estos poseen un identificador en el puerto GEM para ser identificados. El valor de longitud de onda utilizado para el Downstream es de

1490nm (nanómetros). Se encuentra funcionando constantemente, a menos que se lo deshabilite administrativamente al laser.

La OLT transmite tramas Ethernet desde los puertos de Upstream hacia el módulo de procesamiento de servicio.

Dirección de Destino	Dirección de Origen	VLAN 802.1Q	Tipo	Datos MAC del cliente	FCS
----------------------	---------------------	-------------	------	-----------------------	-----

Ilustración 25 -Trama Ethernet -

El módulo se encarga de encapsular las tramas en paquetes de datos del puerto GEM para la transmisión en canal descendente.

GEM Header	GEM Payload	GEM Header	GEM Payload	GEM Header	GEM Payload
------------	-------------	------------	-------------	------------	-------------

Ilustración 26 -Trama GEM -

El GEM Header está compuesto por:

- **Payload length:** Expresa en bytes la longitud de los datos que se están transportando. Existe un maximo de 4095 Bytes
- **Port-ID:** Identifica el tráfico de cada puerto GEM.
- **Payload Type:** Indica el tipo de dato que se está transportando
- **HEC:** Permite detectar y corregir errores en el GEM Header.

El GEM Payload por la trama Ethernet proveniente de la OLT.

Los PDUs GEM son enviados en broadcast hacia todas las ONTs que se encuentren conectadas en el puerto GPON, conformando las tramas GTC.

GTC Header (PCBd)	Downstream GTC Payload
-------------------	------------------------

Ilustración 27 -Trama GTC-

El GTC Header es usado para delimitación de tramas, sincronización y corrección de errores hacia adelante (FEC). Mientras que el Downstream GTC Payload contiene la trama GEM.

Las tramas GTC determinan con su tamaño la velocidad tanto en el canal ascendente como en el descendente. Tienen una duración de 125 μ s.

Bytes por trama	Velocidad	Estándar
19438	1244MBps	GPON
38878	2488MBps	GPON

- Tabla III -

Luego, cada ONT filtra la información que le interesa con la ayuda del identificador del puerto GEM (Port-ID) que se encuentra en el GEM Header.

Finalmente, la ONT se encarga de desencapsular los datos y reenviarlos hacia los usuarios en formato de tramas Ethernet mediante los puertos de servicio.

3.8.1 PLOAM

PLOAM (Physical Layer OAM) permite la transmisión de mensajes entre la OLT y las ONTs dentro de la trama GTC. Es capaz de monitorizar y configurar los siguientes parámetros entre otros:

- Activación de ONTs
- Desactivación de ONTs
- Relación Señal a Ruido (SNR)
- Asignar ONU-ID al equipo
- Configurar encriptación

3.8.2 PCBd

PCBd (Physical Control Block Downstream) está compuesto por el GTC Header y el BWmap. Este último es un campo que notifica a las ONTs de la asignación de ancho de banda en upstream, indicando cuando deben empezar y cuando terminar los intervalos de tiempo en cada ONT, garantizando y permitiendo que todos los equipos estén sujetos a las reglas que impone la OLT para evitar conflictos y errores.

Psync	Ident	PLOAM	BIP	Plend	Plend	Upstream BWmap
-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------------------

Ilustración 28 -Composición de PCBd -

- **Psync:** Indica el inicio de cada PCBd.
- **Ident:** Utilizado para indicar estructuras de tramas más largas. Posee el contador de supertrama, usado para el sistema de encriptación.
- **PLOAM:** Envía mensajes entre la OLT y las ONTs, permitiendo configuración y monitorización.
- **BIP:** Paridad de bit entrelazada. Utilizado para medir los errores en el canal.
- **Plend:** Campo de downstream de longitud de Payload.
- **Upstream BWmap:** Establece el inicio y fin de los times slots de cada ONT.

3.9 Canal Ascendente

El tráfico del canal de Upstream es aquel que fluye desde las ONTs de los usuarios de la red hacia la OLT.

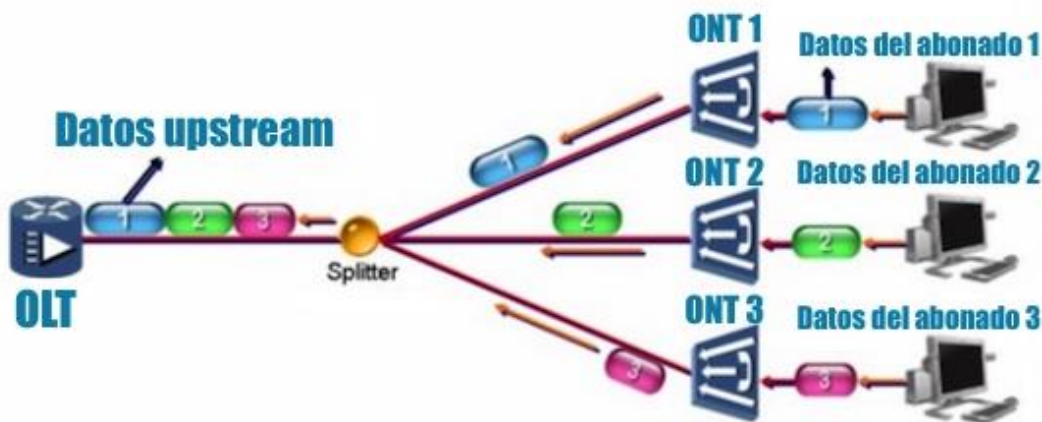


Ilustración 29 -Canal ascendente en una red GPON - (Fuente: www.naseros.com) -

Se utiliza TDMA para la transmisión de paquetes en el canal ascendente. Para la asignación de los intervalos de tiempos se tiene en cuenta la distancia entre la OLT y las ONTs. El DBA

(Dynamic Bandwidth Allocation) habilita que la OLT pueda monitorear la congestión, el uso del ancho de banda y la configuración. A través del rango detecta y previene colisiones.

El rango establecido de longitudes de onda para el upstream es entre 1290nm y 1330nm.

La comunicación por el canal ascendente comienza cuando la ONT envía tramas Ethernet hacia los puertos GEM según las configuraciones de los puertos de servicio y los puertos GEM.

Los puertos GEM encapsulan las tramas Ethernet dentro de PDUs GEM y los añaden a una cola (T-CONT), donde se pueden colocar una o más tramas GEM.

Las colas T-CONT usan los intervalos de tiempo de la DBA. Las PDUs GEM son enviadas a la OLT. El tráfico se envía en forma de ráfagas.

La OLT se encarga de desencapsular las PDUs GEM, recuperando la trama Ethernet original que disponía la ONT, para finalmente enviarlas desde un puerto de subida.

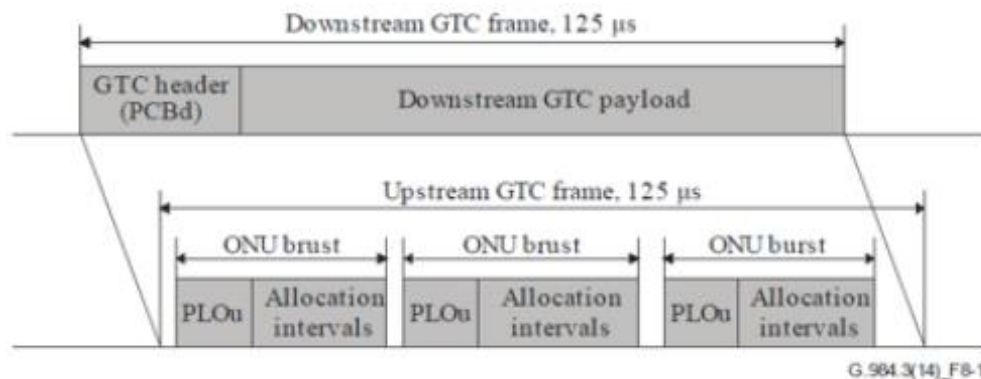


Ilustración 30 -Tramas descendentes y ascendentes respectivamente (Fuente: Cisco Systems)-

Cada ONT informa de sus demandas de ancho de banda a la OLT, a través de mensajes DBRu (Dynamic Bandwidth Report Upstream), permitiendo que esta tenga información del estado de los T-CONT presentes.

Las ONTs pueden enviar datos de un T-CONT cuando la OLT establezca, mediante mensajes Bandwidth Map (BWmap), los Alloc-ID que indican el turno en que deben realizarse.

Las tramas ascendentes se envían en ráfagas, que están compuestas por una PLOu (Physical Layer Overhead upstream) y uno o más intervalos de asignación de ancho de banda asociados a un Alloc-ID.

Todas las ONTs conectadas a un puerto GPON comparten el ancho de banda del canal ascendente, mientras que cada trama GPON ascendente tiene una longitud fija de 125 μ s.

3.10 Topologías

Lograr una topología óptima y sencilla trae los beneficios de minimizar los costos de mantenimiento y despliegue de la red.

A continuación, se describen las diferentes configuraciones empleadas en la red de Fibra Óptica.

3.10.1 Punto a Punto

Como su nombre lo indica, consiste en un enlace entre la OLT y la ONT. Es decir, un enlace dedicado entre la central del proveedor y el domicilio del abonado. Su uso no es de uso común en un sistema de FTTH, principalmente debido a su alto costo de despliegue.

Su uso se limita al sector corporativo, en el que las empresas contratan un servicio de mayores prestaciones para sus necesidades.



Ilustración 31 - Enlace punto a punto entre la Optical Network Terminal y los APs -

Como ventaja se puede señalar el gran ancho de banda que ofrece cada enlace, esto debido a la exclusividad del mismo.

Utiliza un sistema bidireccional. Se emplean diferentes longitudes de ondas para cada servicio que se desee transportar.

3.10.2 Punto a Multipunto

La conexión ahora es entre la OLT y múltiples ONTs que conforman la red.

El divisor óptico (splitter) juega un rol fundamental al permitir conformar una arquitectura capaz de poseer una red en la cual todos los elementos se encuentren conectados sin la necesidad de energía eléctrica y con la potencia adecuada. Los abonados comparten un cable de fibra óptica que llega al splitter, donde la señal se divide hasta llegar al domicilio.

Se utiliza en el despliegue para usuarios residenciales y pequeñas o medianas empresas con una demanda limitada.

Existen diferentes arquitecturas:

- **Estrella:** La fibra llega a un nodo que abastece a un determinado número de abonados. Es el más utilizado en FTTH debido a su bajo costo y eficiencia, aunque su fiabilidad es menor a otras arquitecturas.
- **Bus:** Mediante un enlace común, un nodo central se conecta con otros nodos. Si ocurre un corte en el enlace, los equipos que se encuentren hacia adelante quedarán completamente desconectados.
- **Anillo:** Consiste en un enlace común en forma de anillo para todos los nodos. Tiene la gran ventaja de su robustez ante cortes de fibra.

3.11 Niveles de Splitteo

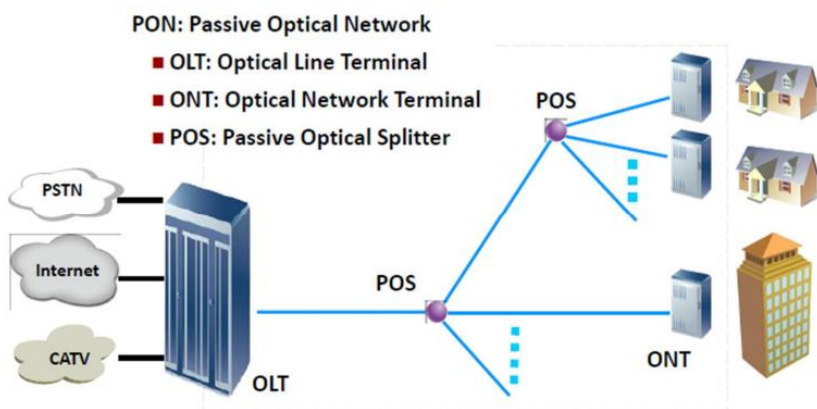


Ilustración 32 – Arquitectura de FTTH-GPON

En la arquitectura básica de una red PON uno de los conceptos más importantes es el de los niveles de splitteo. Esta división (o splitteo) se puede lograr de forma centralizada (un nivel) o en cascada (varios niveles).

La centralización consiste básicamente en utilizar un único splitter entre el puerto de la OLT y las ONTs. Las configuraciones dependen de la cantidad de usuarios a brindar el servicio y el nivel de potencia que se debe garantizar. Los splitters 1x32 y 1x64 son los más utilizados.

Lo más habitual es la división en cascada utilizando dos niveles de splitters. El primer nivel corresponde a lo que se conoce como Cajas NAPs (o Cajas de Distribución), que

realizan la transición desde la red de alimentación primaria hacia la red de distribución a los abonados. En el segundo nivel se ubican las CTO (Caja Terminal Óptica) donde se conectan las fibras de acometida hacia los domicilios de los abonados. Por lo general, en el primer nivel se utilizan splitter 1x4 o 1x8, mientras que en el segundo 1x8.

El diseño de la red debe realizarse de forma tal de poseer en el extremo del abonado la potencia necesaria para que la ONT pueda trabajar correctamente (sensibilidad).

En la imagen de arriba es posible observar con claridad 2 niveles de splitteo en una red básica (“POS” en la imagen).

3.12 Tendidos

Existen diferentes formas de realizar un tendido de Fibra Óptica que depende principalmente de un factor económico de parte del proveedor del servicio y las características de la zona.

A continuación, se exponen los principales modos de realizar un tendido de Fibra Óptica:

3.12.1 Tendido Aéreo



Ilustración 33 - Tendido aéreo en poste eléctricos sobre una zona rural

Son aquellos donde el cable de fibra se sostiene sobre postes de madera, cemento o acero. Normalmente se encuentran en zonas rurales, industriales y en pequeños centros urbanos.

Tiene como ventajas su bajo costo y fácil instalación. Mientras como desventaja el cable debe soportar las inclemencias del tiempo, así como la tensión generada por el movimiento involuntario de los postes producido por el viento. Además, se corre el riesgo de producirse cortes debido por ejemplo a la caída de ramas de árboles.

3.12.2 Tendido Subterráneo



Ilustración 34 - Canalización en una zona urbana

Consiste en tender el cable sobre tuberías que se ubican enterradas en aquellas zonas donde no se requiera un tendido aéreo.

En muchas regiones es probable que se prohíba el tendido aéreo por lo que se obliga a la empresa de telecomunicaciones a realizar este tipo de tendido.

El costo de la obra civil es más elevado, aunque la fibra no corre mayores riesgos de corte por lo que se reduce el costo de mantenimiento.

Existen diferentes técnicas de canalización: minizanja, microzanja y zanja convencional que se adaptan a cada tipo de zona y requerimiento.

3.13 Administración de la Red

3.13.1 Monitoreo

El monitoreo de la red de fibra óptica es crucial a la hora de la detección temprana de fallas, por lo que se debe disponer de un sistema que permita controlar y gestionar los equipos presentes a fin de administrar la red. En esta sección se mencionará el protocolo utilizado por los sistemas de provisioning Simple Network Management Protocol.

3.13.2 Protocolo SNMP

SNMP, por sus siglas referentes a Simple Network Managment Protocol, trata de un protocolo en la capa de aplicación que permite la gestión de información en redes. Forma parte de los conocidos protocolos de control de transmisión y protocolo de Internet. La utilidad que lo caracteriza es poder recopilar variada información proveniente de una gran cantidad de tipos de software y de hardware.



Ilustración 35 - Protocolo SNMP / Fuente: www.paessler.com/es/it-explained/snmp -

Este protocolo está compuesto por cuatro componentes principales:

- **Agente:** Es un software que se encuentra dentro del equipo de red que se monitorea. Recopila datos de información (memoria, niveles de señal de potencia, paquetes recibidos, SNR, entre otros) que informa al administrador (o NMS).
- **Administrador SNMP:** Pertenece a una entidad separada la cual posee la responsabilidad de comunicarse con los dispositivos de red que el Agente SNMP implementó.

- **MIB:** Contiene información, organizada jerárquicamente, que detalla y describe los objetos (características específicas de un dispositivo administrado) que pueden consultarse un dispositivo de la red en particular. Cada elemento dispone de un OID en particular.
- **Dispositivos administrados:** también conocido como elemento de red, es aquella parte de la misma red el cual requiere que sea monitorizado y a la vez administrado. Ejemplos de estos elementos pueden ser: UPS, impresoras, conmutadores, enrutadores, entre otros.

4 Selección de Equipos / Componentes

Para implementar un tendido FTTH, previamente se requiere del conocimiento de componentes y materiales necesarios para su despliegue.

4.1 Componentes para un proyecto FTTH

4.1.1 OLT (Optical Line Terminal)

Es un elemento activo que se sitúa en la central de la compañía proveedora del servicio. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios finales.

Se encarga de controlar las potencias emitidas y recibidas, corrección de errores e interleaving. Además, realiza la coordinación de la multiplexación de los canales de bajada y de subida.

Posee placas y puertos, donde cada puerto se dirige hacia la red troncal, que se corresponde con un determinado nodo.

La distancia máxima entre este y la ONT debe de ser como máximo 20km.



Ilustración 36- OLT ZTE C300 (Fuente: ZTE)-

4.1.2 Pathcord

Son pequeños tramos de cable que permiten la interconexión entre los diferentes equipos de comunicaciones dentro de la central.



Ilustración 37 -Patchcord de 2 metros SC/APC - (Fuente: Google Images)-

Comercialmente, poseen diferentes medidas como 1, 1.5, 2, 3, 3.5, 5, 10 metros, entre otras medidas.

4.1.3 ODN (Optical Distribution Network)

La ODN, o red de distribución óptica, provee el medio óptico de transmisión para la conexión física entre las ONTs y la OLT, en un máximo de 20km.

El cable alimentador conecta a el ODF, dentro de la central, con el punto de distribución óptica (cajas de distribución). Luego el cable de distribución une este punto con el punto de acceso óptico (cajas de abonados). A través de un cable drop, finalmente las ONTs se conectan a la red.

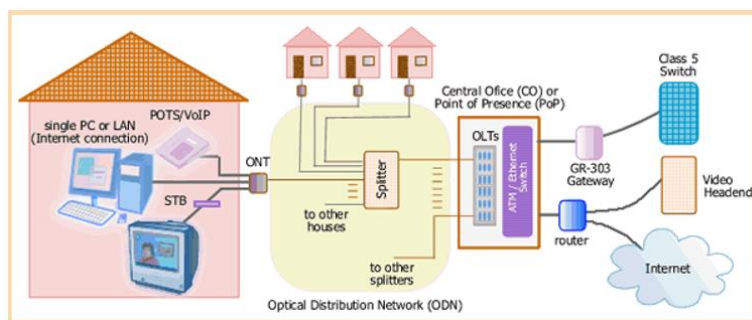


Ilustración 38 – Composición de la Red FTTH donde se puede apreciar la ODN-

Está conformado por el ODF, Cable de Alimentación Primaria, Caja de Empalme, FDH, Splitters, Cable de Distribución, Cable Drop y Roseta.

4.1.4 ODF (Optical Distribution Frame)

El ODF (o Distribuidor de Fibra Óptica) es el punto donde se interconectan todos los cables de fibra óptica de alimentación o primarios que salen hacia la planta externa y se interconectan con los puertos de las placas de la OLT.



Ilustración 39– ODF (Fuente: Google Images)-

4.1.5 Caja de Empalme

La Caja de Empalme está diseñada para proteger los puntos de fusión de la fibra óptica, en Redes de Planta externa, evitando el ingreso de humedad y aire al interior de la cavidad contenedora de las fibras.



Ilustración 40 -Caja de empalme GK-603A-CON-

El cable de fibra se mantiene sujeto mediante abrazaderas y el miembro de refuerzo central se amarra fuertemente al soporte de la caja. Los miembros de refuerzo metálicos se llevan siempre a tierra para evitar derivaciones eléctricas.

La caja en su interior posee bandejas de empalme o casetes, que se utilizan para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión, y además existen los denominados organizadores de fibra óptica.

4.1.6 FDH (Fiber Distribution Hub)

El FDH es una Cabina diseñada para Planta externa que permite el manejo efectivo del cable y se usa para realizar una buena distribución de la fibra óptica. Puede ser colocado en los extremos del cable para Terminaciones o en el medio del Enlace para interconexiones.



Ilustración 41- FDH-

4.1.7 Splitters

El splitter se encarga de separar una sola fibra en múltiples salidas que llegan hacia el final de la red.

Su principio de funcionamiento consiste en dividir la señal óptica en N salidas. Estas salidas son de menor potencia que la señal original (n veces menor la potencia a la salida), pero mantienen el mismo contenido óptico de datos, por lo que cuantas más veces se divida, más usuarios dispondrán de la misma señal óptica, teniendo en cuenta la pérdida de potencia. Es un elemento pasivo ya que no requiere ningún tipo de alimentación para funcionar. Típicamente tienen 2, 4, 8, 16, 32, 64 o 128 salidas.



Ilustración 42 - Splitter tipo Cassette-PLC-



Ilustración 43 Splitter tipo Micro-PLC-

Splitter Type	Max Loss	Typical Loss	Uniformity	Return Loss	Directivity	PDL
1x2	3.7	3.1	0.8	55 dB	55 dB	0.2
1x4	7.2	6.6	0.8	55 dB	55 dB	0.2
1x8	10.3	9.7	1.0	55 dB	55 dB	0.2
1x16	13.5	12.8	1.0	55 dB	55 dB	0.2
1x32	16.7	16.0	1.3	55 dB	55 dB	0.2
1x64	20.4	19.7	2.0	55 dB	55 dB	0.2
2x16	14.1	12.9	2.0	55 dB	55 dB	0.4
2x32	17.4	16.2	2.0	55 dB	55 dB	0.4

Ilustración 44 - Tabla con características de diferentes tipos de splitters-

4.1.8 Cajas de Distribución Óptica (NAP)

Las Cajas NAP (Network Access Point) son utilizadas para conectar al abonado con la red de distribución. Cada puerto corresponde a un usuario. Desde estas cajas parten las conexiones directas de fibra hacia los hogares de los clientes.

Pueden ser indoor u outdoor, e instalarse en paredes o postes.



Ilustración 45 -Caja NAP - (Fuente: Google Images)-

4.1.9 Cable de alimentación primario

El cable de alimentación primario interconecta la Oficina Central desde el ODF hasta las cajas de empalmes. En caso de que el cable sea con gel y con el fin de lograr mayor seguridad en la instalación se debe realizar una caja de empalme de Transición al ingreso de la oficina central, del lado externo y empalmarlo en forma recta con un cable flexible, seco del tipo tigh buffer y llegar al ODF con un hilo de fibra óptica adecuado para conectar o empalmar con un pigtail. Estos cables ópticos son completamente dieléctricos, con núcleos resistentes a la penetración de la humedad y revestimiento externo de material termoplástico.



Ilustración 46 – Estructura del Cable de alimentación primario-

4.1.10 Cables de Distribución o secundarios

El Cable de distribución o secundario se utiliza para unir la Caja de Empalme donde se coloca el segundo nivel de Splitter antes de conectar el Cable Drop.

El tipo de cables más comúnmente utilizado es de 2 o 4 Fibras Ópticas auto soportado o de figura 8 con portante llamado generalmente Cable de Drop de 2 o 4 pelos

El cable Drop o Acometida de cliente forma parte del final de la red, en donde se produce el alta de servicio al cliente. Es utilizado en accesos residenciales y a edificios, para aplicación subterránea en red de conductos y aérea tipo auto soportada.

Para dar de alta el servicio se debe realizar la conexión al NAP, la instalación del cable de DROP y la conexión de ONT en el abonado.

4.1.11 Roseta

La Roseta es el punto terminal óptico que permite hacer la terminación y el acondicionamiento del cable óptico de acometida que accede al domicilio del cliente.

El cable DROP que viene desde la caja NAP, se dirige a la roseta. Luego finalmente, mediante un pathcord, se conecta a la ONT.



Ilustración 47 - Roseta (Fuente: Google Images)-

4.1.12 ONT (Optical Network Terminal)

La ONT (del inglés Optical Network Terminal) es el equipo activo que convierte la señal óptica que transporta la Fibra, en una señal eléctrica. Se ubica en la casa del abonado, y puede poseer puertos para brindar internet, telefonía y televisión, según los servicios que provee la empresa.



Ilustración 48– ONT ZTE F668 (Fuente: ZTE)-

4.2 Herramientas para un proyecto FTTH

Así como se nombró los anteriores componentes, también hay herramientas a tener presentes para lograr una buena QoS (Quality of service) en el despliegue. A continuación, se listan algunas herramientas útiles a la hora de realizar un tendido de una red FTTH:

4.2.1 Fusionadora de fibra óptica

Es una máquina que se utiliza para realizar empalmes entre una fibra óptica con otra, con una gran precisión electromecánica, a fines de tener la menor perdida posible.



Ilustración 49– Fusionadora Shinewaytech OFS-95S-

4.2.2 OTDR

Es un instrumento en el campo de las redes de fibra para ubicar las pérdidas y las posibles roturas en un cable. Manda un pulso a lo largo de la fibra, averiguando la distancia a la que se encuentra el fallo.



Ilustración 50 -Palm otdr, marca shineway tech, modelo otdrs-120a longitud de onda:1310/1550nm, rango dinamico:24/24db, conector óptico fc/pc-

4.2.3 Medidor de potencia óptica:

Mide la potencia de una señal óptica en su paso a través del cable de fibra.



Ilustración 51 -Medidor de potencia shinewaytech - opm15-

4.2.4 Lápiz Óptico:

Es una herramienta útil para detectar roturas en pigtails o pathcords, o identificar fácilmente una fibra. Trabaja con una longitud de onda dentro del espectro visible en 650nm.

4.3 Administración de la red

4.3.1 NOC

El NOC (Network Operations Center) es el lugar donde la red es administrada. Aquí llegan todos los problemas, se notifican y posteriormente se resuelven.

En general el NOC funciona las 24 horas del día monitoreando fallas, apagones de energía, eventos críticos y anomalías en la red. Se necesita un alto nivel de conocimiento técnico y manejo de diversas plataformas y tecnologías asociadas a las comunicaciones, tanto software como hardware. Al ser en tiempo real los problemas se resuelven ni bien surgen y evita que impacten en la salud del sistema de manera crítica.



Ilustración 52 -NOC – Network Operation Center-

4.3.2 Estándar FCAPS

FCAPS es utilizado como framework de administración y manejo de redes.

La sigla viene de:

-
- Fault Management (Manejo de fallas).
 - Configuration Management (manejo de configuraciones).
 - Accounting (Administration) (contabilidad o administración).
 - Performance Management (manejo de desempeño).
 - Security Management (manejo de la seguridad).

Fault management se encarga de reconocer, aislar y resolver fallas que ocurren en la red. También se incluye la identificación de posibles problemas que podrían ocurrir.

Configuration management involucra reunir y almacenar las diferentes configuraciones de diversos equipos en la red y también hacer seguimiento de los cambios en las configuraciones de dichos equipos. Como muchos problemas que ocurren en la red son debido a que los cambios en las configuraciones no se hicieron correctamente, esto puede ser considerado una importante contribución al monitoreo proactivo de la red.

Accounting implica la facturación y el cobro de cargos de la información utilizada por proveedores de servicios a la red. En redes sin facturación el “Accounting” es reemplazado por “Administration”, que se encarga de administrar a los usuarios finales mediante contraseñas, permisos, etc.

Performance management involucra el manejo del desempeño de la red en su totalidad. Parámetros asociados al desempeño como el rendimiento, la pérdida de paquetes, tiempos de respuesta, etc son recolectados mediante SNMP (Protocolo simple de administración de red).

Security se encarga de controlar el acceso a los recursos de la red, que incluye no solo la información en ella sino también su configuración y el acceso no autorizado de usuarios.

4.4 Datacenter

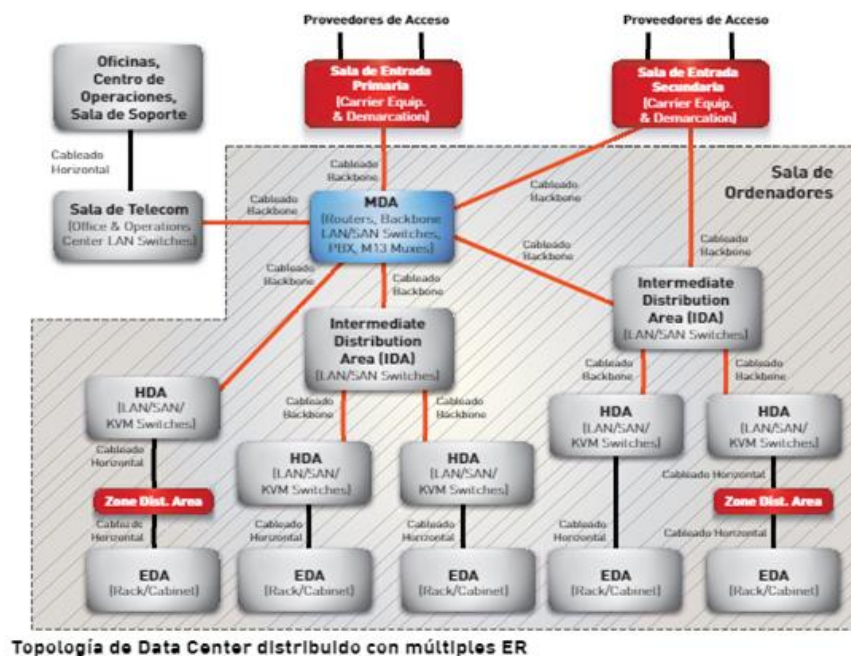


Ilustración 53 -Topología de Data center distribuido con múltiples ER -

Un datacenter es una alternativa a un NOC en casos de características particulares de la ciudad elegida para el despliegue.

Un datacenter se denomina a aquel lugar donde se ubican los recursos que realizan el procesamiento de la información.

Los principales elementos de un Data Center, según la TIA-942-A, son:

- **Entrance Room (ER):** La sala de entrada es un espacio de interconexión entre el cableado estructurado del DataCenter y el cableado proveniente de las operadoras de telecomunicaciones.
- **Main Distribution Area (MDA):** Incluye el cross-connect principal, que es el punto principal de distribución de un cableado estructurado en un Data Center. Es un área crítica, donde se realizan las principales maniobras del Data Center.
- **Intermediate Distribution Area (IDA):** Espacio para el cross-connect intermediario, que es el punto de distribución secundario del cableado estructurado de una segunda data-hall en un Data Center. Es un área crítica, como el MDA, donde son hechas maniobras del data-hall donde está instalado.

- Horizontal Distribution Area (HDA): Es un área utilizada para conexión con las áreas de equipos. Incluye el cross-connect horizontal (HC) y equipos intermedios.
- Zone Distribution Area (ZDA): Punto de interconexión opcional del cableado horizontal. Posicionado entre el HDA y el EDA, permite una configuración rápida y frecuente, generalmente ubicada debajo del piso. Agrega flexibilidad al DataCenter.
- Equipment Distribution Area (EDA): Espacio destinado a los equipos terminales (Servidores,Storage) y los equipos de comunicación de datos o voz (switches, centrales).

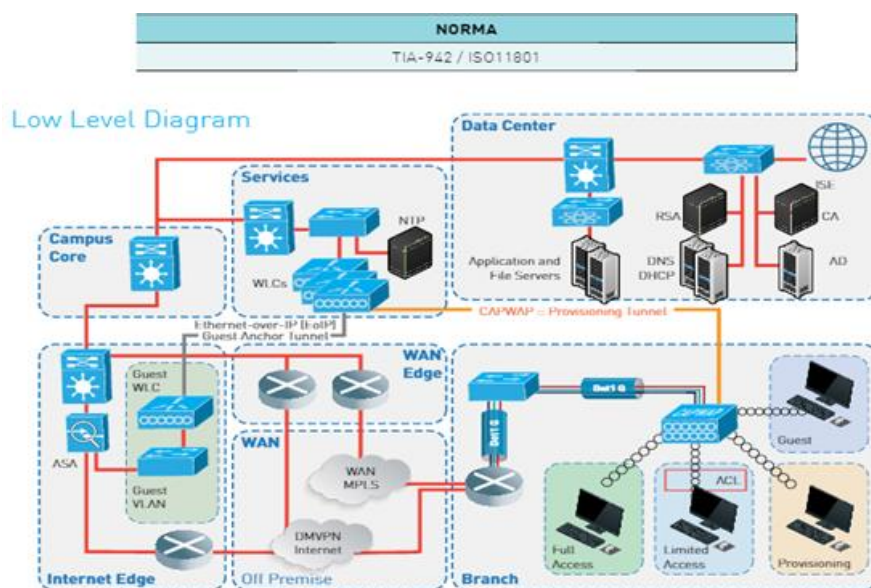


Ilustración 54 -Fuente Low Level Diagram DataCenter / Google-

4.4.1 Diagrama del abonado

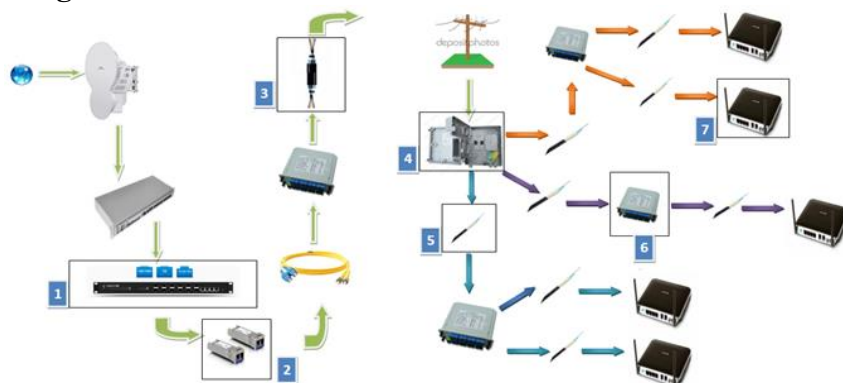


Ilustración 55– Diagrama del abonado-

En el grafico superior se puede observar el recorrido desde el proveedor del servicio hasta el abonado, para esto la información recorre los componentes que hemos visto antes.

Para el desarrollo del tendido, desde el OLT hasta el ONT existen niveles de splitters, que básicamente dividen la señal para poder llegar a cada uno de los clientes.

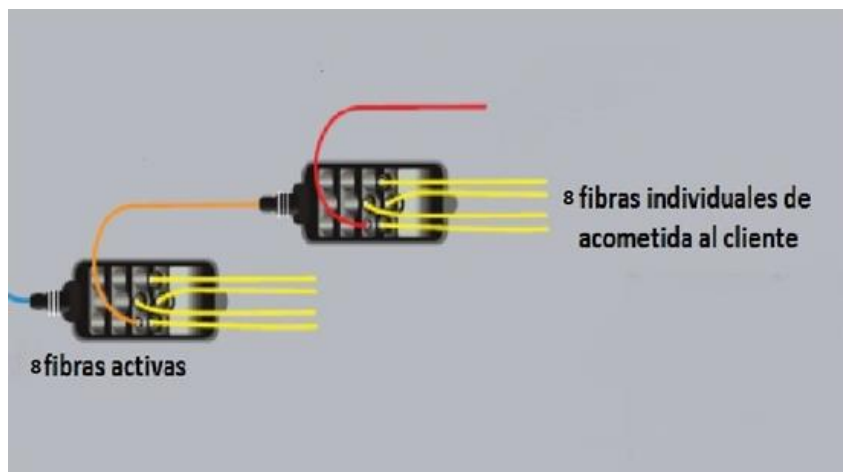


Ilustración 56– Niveles de splitters-



Ilustración 57– Esquema de instalación-

Una vez en el domicilio del abonado se instala la Roseta, la cual mediante el patchcord se conecta a la ONT. Gracias a esto, será capaz de conectarse a la red mediante cable ethernet o mediante WIFI ya que la mayoría de los equipos disponen de tal conexión inalámbrica.

5 Proyecto

5.1 Frameworks y librerías utilizadas

5.1.1 Mapbox

Mapbox GL JS es una librería de JavaScript del lado del cliente para crear mapas web y aplicaciones web con la tecnología WebGL (Web Graphics Library). Es capaz de mostrar mapas de Mapbox en un navegador web o cliente, agregar interactividad al usuario y personalizar la experiencia del mapa en la aplicación.

Los mapas Mapbox GL JS se renderizan dinámicamente combinando mosaicos vectoriales con reglas de estilo en el navegador en lugar de en un servidor, lo que hace posible cambiar el estilo de los mapas y los datos mostrados en respuesta a la interacción del usuario.

Los casos de uso de Mapbox GL JS incluyen:

- Visualización y animación de datos geográficos
- Consultar y filtrar entidades en un mapa
- Colocar sus datos entre capas de un estilo Mapbox
- Mostrar y diseñar dinámicamente datos personalizados del lado del cliente en un mapa
- Visualizaciones y animaciones de datos 3D
- Agregar marcadores y ventanas emergentes a los mapas mediante programación

Los mapas pueden estar compuestos por varias capas que proporcionan elementos visuales y datos de mapas. Cada capa proporciona reglas sobre cómo el renderizador debe dibujar ciertos datos en el navegador, y el renderizador usa estas capas para dibujar el mapa en la pantalla.

Utiliza bases de datos de libre acceso como OpenStreetMap y la NASA, así como bases de datos privadas, como por ejemplo DigitalGlobe.

Se encuentra desarrollado principalmente en Node.js, CouchDB, Mapnik, GDAL, y Leafletjs.

5.1.2 Flask

Flask es un microframework utilizado para el desarrollo de aplicaciones web. Provee al desarrollados las herramientas, librerías y tecnologías que permitir construir la aplicación web. Los desarrollos posibles pueden ser páginas web, blogs, entre otros.

Es considerado dentro de la categoría de los microframework, es decir aquellos Frameworks que normalmente tienen mínimas o nulas dependencias hacia librerías externas.

Es liviano, posee pocas dependencias a actualizar y seguro.

Fue desarrollado por Armin Ronacher, dentro del grupo “Pocco” especializado en el lenguaje de programación Python.

Las dependencias son:

- Werkzeug: librería de utilidades WSGI.
- Jinja2: motor de plantillas. Combina una plantilla con una fuente de datos específica para representar una página web dinámica.

5.2 Analizando el Software

5.2.1 UI – User Interface

Entrando al menú principal del software, encontramos un diverso ecosistema de Botones y cuadros de texto con variados datos los cuales vamos a desglosar. Haciendo foco sobre el margen izquierdo, encontramos los diferentes apartados con los cuales poder interactuar. Notamos primeramente el botón de “Dashboard”, el cual es un tablero donde se muestra los valores unitarios de componentes a utilizar cuando se realice el tendido de FTTH. Este apartado corresponde al panel de control principal del sistema. Es posible visualizar en tiempo real de los cambios realizados en el mapa de la topología del despliegue.

Es capaz de realizar detallar lo siguiente:

- Cantidad de los kilómetros de fibra desplegados
- Cantidad de Cajas NAPs
- Cantidad de ONTs
- Cantidad de OLTs
- Cantidad de ODFs
- Cantidad de Splitters
- Cantidad de Cajas de Empalme

Se diseñó de forma tal de lograr una interfaz sencilla e intuitiva, con el objetivo que el usuario pueda hacer uso del software con la mejor experiencia posible.

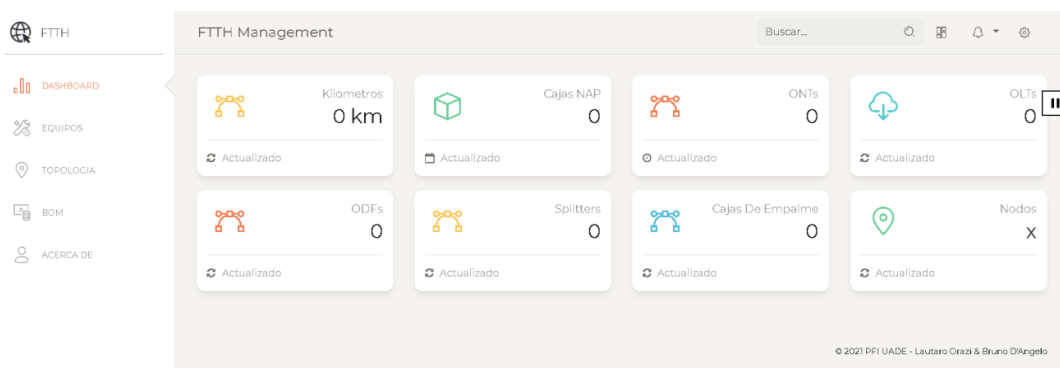


Ilustración 58 – Dashboard principal

El siguiente botón al margen izquierdo es “Equipos”, donde encontramos una interface para agregar parámetros de los equipos, como el nombre del equipo, su marca y el precio. A la vez, ante un ocasional error en el añadido del equipo, es posible editarlo o directamente eliminarlo. En la siguiente ilustración vemos el ejemplo de algunos equipos agregados.

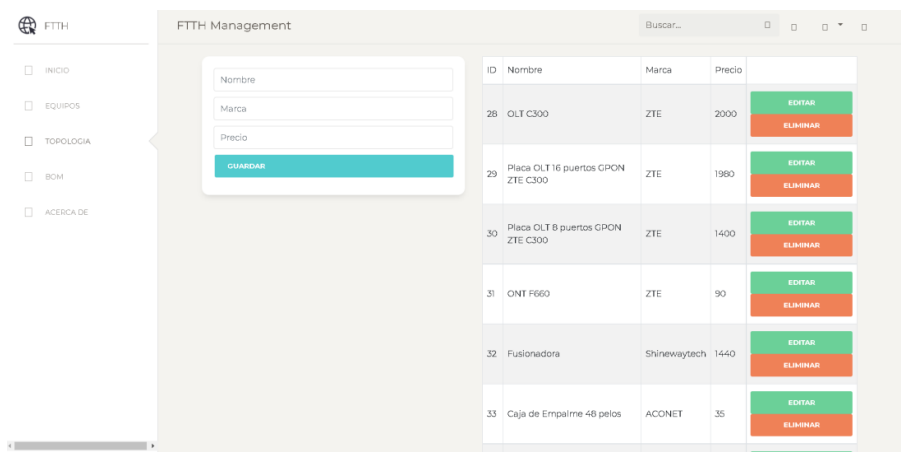


Ilustración 59 – “Añadir Equipos”

Siguiendo con el botón de “Topología”, aquí se encuentra el mapa creado con la ayuda de MapBox y los botones con sus funcionalidades. En el margen derecho, encontramos una columna con los elementos para situar (mediante clicks) sobre el mapa. Tenemos disponible el trazado de la fibra y el agregado de los diferentes componentes como OLT, ONT, NAP,

Splitter, Caja de Empalme y ODF. Para comenzar el despliegue, simplemente se deben seleccionar “Iniciar Despliegue” y clickear en el mapa los puntos por los cuales se despliega la fibra. Para finalizar este proceso basta con seleccionar “Detener Despliegue”.

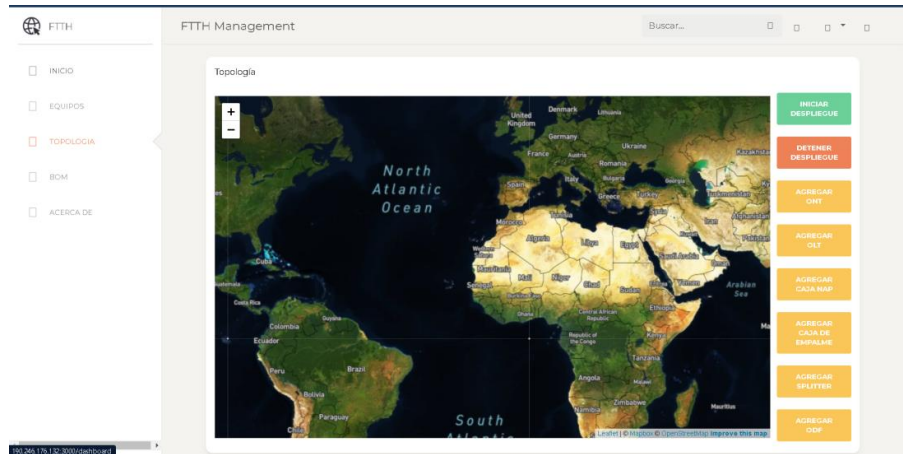


Ilustración 60 – Topologías

Entre los botones finales del margen izquierdo encontramos al de “BOM”. Este nos permite añadir al “Bill of Materials” aquellos equipos agregados en la sección de “Equipos” que deseamos, y muestra en consecuencia los equipos elegidos y el costo estimado de la inversión a realizar para la puesta en marcha de la red. Indica también la cantidad/es empleadas de cada equipo o componente.

FTTH		Cálculo del BOM				
		Nombre	Marca	Precio	Cantidad	Subtotal
<input type="checkbox"/>	INICIO	OLT C300	ZTE	2000	1	2000 USD
<input type="checkbox"/>	EQUIPOS	Placa OLT 8 puertos GPON ZTE C300	ZTE	1960	2	3920 USD
<input checked="" type="checkbox"/>	TOPOLOGIA	Cable Drop 4 peltos X 1000m	GLC	100	14	1400 USD
<input type="checkbox"/>	BOM	Cable Drop 1 peltos X 1000m	GLC	60	5	300 USD
<input type="checkbox"/>	ACERCA DE	ODF 48 puertos	PDOCFIBER	88	1	88 USD
		Splitter 1x32 APC XL5m	COMMCAINCO	70	128	8960 USD
		EDFA 8 puertos 1550nm	SOFTEL	1480	1	1480 USD
		Tx Optico CATV	FS24	85	1	85 USD
		Fibra 192 peltos	Fiberhome	472	30	14160 USD
		Caja NAP 2x8	GLC	38	30	1140 USD
		Caja NAP 6x6	GLC	50	12	600 USD
		Fusionadora	Shinewaytech	1440	1	1440 USD
		OTDR	Orientek	1770	1	1770 USD
		Roseta	T3	6	500	3000 USD
		ONT F660	ZTE	90	500	45000 USD
		Patchcord Sclapc xl5m	COMMCAINCO	12	550	6600 USD
		Patchcord Sclapc Sclapc xlm	COMMCAINCO	12	32	384 USD
		TOTAL		USD 82497.0		

Ilustración 61 – Cálculo del BOM

Por último, el botón “ACERCA DE” nos muestra información relevante a los diseñadores del Proyecto Final Integrador, alumnos de la Universidad Argentina de la Empresa

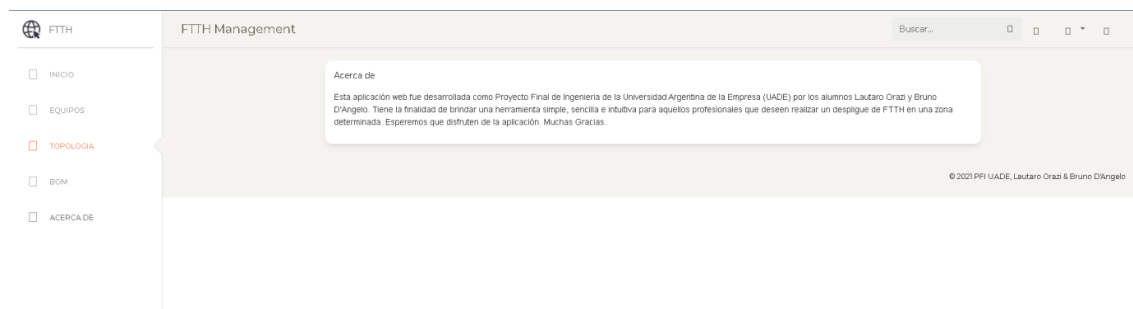


Ilustración 62 – “Acerca de”

5.3 Caso de uso

Se realizó un ejemplo con el objetivo de demostrar, a efectos prácticos, como sería su implementación y desglose.

5.3.1 Prueba en Bahía Blanca

Para comenzar con el diseño de la red FTTH sobre los planos del mapa, se debe ingresar en el apartado de “Topología”. Una vez ahí dentro, para este escenario puntual, nos situamos en el mapa sobre la ciudad de Bahía Blanca. Se puede ver en la siguiente ilustración la zona de la Universidad Nacional del Sur. En la barra de herramientas vertical, la cual permite agregar los componentes mencionados en 5.1.1, desde la principal OLT en la central del ISP hasta la ONT del cliente.

En este simple ejemplo de aplicación se pretende brindar servicio de hasta 100Mbps con TV a 500 clientes en la ciudad de Bahía Blanca.



Ilustración 63 -Interfaz de la topología y el despliegue-

El diseño de la red se pensó para brindar planes de hasta 100Mbps por lo que se estimó un número de clientes de 16 por cada puerto de la OLT para poder brindar este ancho de banda. Si consideramos que tenemos 500 clientes debemos contar con 32 puertos, es decir 2 placas de 16 o 4 de 8, en nuestro caso escogimos la primera. Incluso podemos aumentar la cantidad de ONTs por PON hasta aproximadamente 25, respetando y garantizando los 100Mbps.

Luego se estiman, al ser una zona residencial de mayoría casa bajas y población dispersa, 30 clientes por nodo, es decir tendríamos 17 nodos en la etapa inicial.

Característica del despliegue	Detalle
Puertos por OLT	32
Clientes por puerto GPON	16
Ancho de banda promedio por cliente Máximo	156Mbps
Cantidad de Nodos	17
Clientes por Nodo	30
Clientes Totales	500
Cajas NAP	42
Longitud cable primario 196 pelos	30km
Cajas de empalme	8
Potencia óptica de salida de la OLT	6dBm (4mW)
Potencia recibida por la ONT. Sensibilidad	-27dbm

-Tabla V -

Debido a las características de la zona a realizar el despliegue, se diseña la red con 2 niveles de splitteo. Si consideramos la potencia óptica de la OLT en 6 dBm y la sensibilidad de las ONTs en -27dbm, en ambos se deben poseer splitters de 1x8.

A continuación, a modo de seguir presentando la aplicación de nuestro software se realiza el despliegue en 3 barrios seleccionados para este fin. Sin embargo, tener en cuenta que en total son 17 nodos.

Se dimensionó la estructura del despliegue FTTH a los alrededores de la Universidad Nacional del Sur (UNS) - Bahía Blanca. Con el fin de proveer de servicio a la universidad misma y los estudiantes que constantemente se albergan a los alrededores de esta, se abarcaron de forma aproximada 6 manzanas de cobertura, partiendo de la OLT en la central frente a la Universidad. 7 NAPs solamente fueron empleados ya que es un proyecto para llegar a más abonados en algún futuro.



Ilustración 64 -Despliegue de fibra frente a la Universidad del Sur. Pertenecce a uno de los nodos de la red-

Se dimensionó un segundo despliegue de FTTH en un barrio residencial próximo a la Universidad también. Contó con una mayor cobertura y requirió mayor colocación de NAPs (Network Access Points). Con la ODF de la central frente a la universidad, se tiende un cable primario de distribución hacia cada una de las cajas NAP de este barrio. De esta forma el despliegue queda trazado de la siguiente manera:

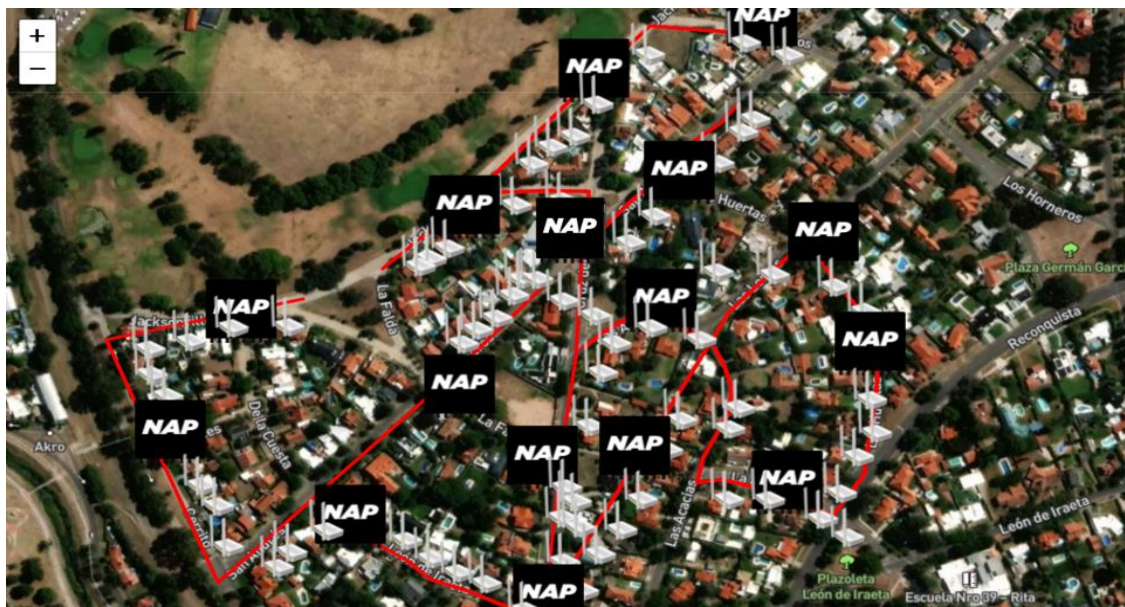


Ilustración 65 -2do nodo de la red. Barrio residencial próximo a la Universidad-

3er barrio comprendido por el despliegue. Se buscó abastecer a la Cooperativa Obrera y la estación de servicio SHELL, junto a casas próximas a esta. Se tendió un cable de distribución de fibra de 192 pelos para abarcar el area y dejar posibles futuras conexiones en el barrio que sigue en expansión. Quedando:



Ilustración 66 -Topología y despliegue basado en la Cooperativa de Bahía B. y la estación de servicio SHELL-

También se desea brindar para barrios seleccionados el servicio de CATV, por lo que se contará con un transmisor óptico de CATV y un EDFA para su distribución.



Ilustración 67 -Dashboard mostrando la cantidad de elementos a utilizar-

Por su parte, el apartado de “DASHBOARD “, detalla los materiales y el largo del despliegue utilizado para lograr la cobertura de los 17 barrios mencionados. En total de fibra, son necesarios 14 Kilómetros para abarcar todo el recorrido. También son necesarias 42 cajas NAP para llegar hacia los abonados en cada uno de los barrios desplegados. 500 ONTs para brindarles servicio a los 500 usuarios y 1 OLT en la centralita del ISP.

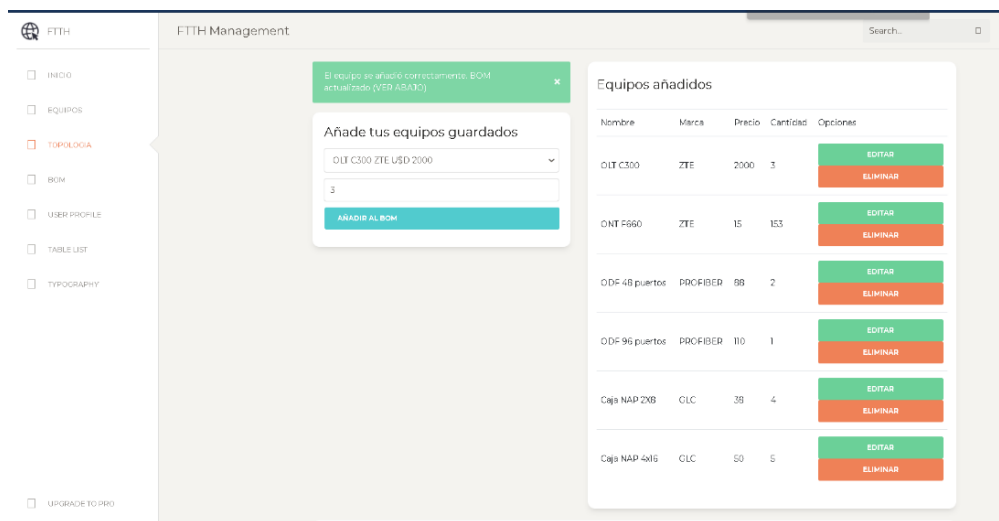


Ilustración 68 -Apartado “Topología” y tabla de los equipos añadidos-

En el apartado de BOM, se formuló una base de datos con equipos de variadas marcas y modelos, con el cual poder sacar un presupuesto basado en la cantidad de elementos detallados en la sección de “Dashboard”. En BOM, Encontramos un botón que permite agregar por marca, que modelo quiero usar ya sea de NAP, OLT, ONT, Fibra, etc. para, finalmente, mostrarse debajo un listado contemplando cada uno de los materiales usados, con su correspondiente tipo de equipo o material (“Nombre”), la marca, su precio y la cantidad de

unidades utilizadas. Se muestra un Tag de “TOTAL” indicando la suma de capital necesario para realizar el proyecto de despliegue de FTTH por los 3 barrios de Bahía Blanca.

Cálculo del BOM				
Nombre	Marca	Precio	Cantidad	Subtotal
OLT C300	ZTE	2000	1	2000 U\$D
Placa OLT 16 puertos GPON ZTE C300	ZTE	1980	2	3960 U\$D
Cable Drop 4 pelos X 1000m	GLC	100	14	1400 U\$D
Cable Drop 1 pelo X 1000m	GLC	60	5	300 U\$D
ODF 48 puertos	PROFIBER	88	1	88 U\$D
Splitter 1x32 APC X1,5m	COMMCINCO	70	128	8960 U\$D
EDFA 8 puertos 1550nm	SOFTEL	1480	1	1480 U\$D
Tx Optico CATV	FS24	815	1	815 U\$D
Fibra 192 pelos	FiberHome	472	30	14160 U\$D
Caja NAP 2X8	GLC	38	30	1140 U\$D
Caja NAP 4x16	GLC	50	12	600 U\$D
Fusionadora	Shinewaytech	1440	1	1440 U\$D
OTDR	Orientek	1170	1	1170 U\$D
Roseta	TJ	6	500	3000 U\$D
ONT F660	ZTE	90	500	45000 U\$D
Patchcord Sc/apc x1,5m	COMMCINCO	12	550	6600 U\$D
Patchcord Sc/upc Sc/apc x1m	COMMCINCO	12	32	384 U\$D
TOTAL	U\$D 92497.0			

© 2021 PRI UADE, Lautaro Crazzi & Bruno D'Angelo

Ilustración 69 -BOM de la inversión a realizar-

5.4 Desarrollo Script

En esta sección se realiza una explicación del desarrollo de la aplicación, junto con extractos del código.

5.4.1 Librerías de Python Utilizadas

- Math: Proporciona acceso a las funciones y constantes matemáticas más conocidas. No trabaja con numero complejos.
- Json: Permite trabajar con archivos json. Genera un intercambio de datos inspirados en la sintaxis literal de objetos en JavaScript.
- Pickle: Es utilizado en serialización y deserialización de una estructura de objetos en Python, es decir el proceso de convertir un objeto en un flujo de bytes para almacenarlo, mantener el estado entre sesiones o transportar datos a través de la red.

5.4.2 Servidor

A continuación, se muestran aquellas partes del código del lado del servidor más importantes del proyecto.

Fase de Logeo:

```
class User:
    def __init__(self, id, username, password):
        self.id = id
        self.username = username
        self.password = password

    def __repr__(self):
        return f'<User: {self.username}>'
```

Ilustración 70 - Definición de clase Usuarios -

Con el objetivo de crear un sistema de logeo a nuestra aplicación, se procedió a crear la clase “User”. Contiene un nombre de usuario y una contraseña que se crean con una línea desde el código en Python.


```
@app.before_request
def before_request():
    g.user = None

    if 'user_id' in session:
        user = [x for x in users if x.id == session['user_id']][0]
        g.user = user
```

Ilustración 71 - Función de comprobación

```
@app.route('/', methods=['GET', 'POST'])
def login():
    if request.method == 'POST':
        session.pop('user_id', None)

        username = request.form['username']
        password = request.form['password']

        user = [x for x in users if x.username == username][0]
        if user and user.password == password:
            session['user_id'] = user.id
            return redirect(url_for('dashboard'))

        return redirect(url_for('login'))

    return render_template('login.html')
```

Ilustración 72 - Logeo con usuario y contraseña predefinidos -

Con la ayuda de Flask, se establece una ruta hacia un archivo HTML previamente creado. Los datos introducidos por el usuario se reciben y si estos son correctos se le permite acceder al dashboard, de lo contrario vuelve a cargar la página de logeo. Esto es posible gracias a los métodos GET y POST.

Recepción de datos desde el cliente

```
@app.route('/procesarFtthInfo/<string:ftthInfo>', methods=['POST'])
def procesarFtthInfo(ftthInfo):
    ftthInfo = json.loads(ftthInfo)

    #Diccionario que representa las componentes agragados
    componente = {
        'titulo' : ftthInfo['titulo'],
        'latitud' : ftthInfo['latitud'],
        'longitud' : ftthInfo['longitud']
    }

    for conf in configuracion:
        if ((conf['latitud']== ftthInfo['latitud']) and (conf['longitud']== ftthInfo['longitud'])):
            return "Objeto repetido" #Se detecta que hay un objeto repetido, no lo agrega
    #Lo añado a la lista que estan todas las configuraciones
    configuracion.append(componente)

    #Guarda las configuraciones
    with open('static/json/configuraciones.json', 'w') as archivo:
        json.dump(configuracion, archivo, indent=4)

    return "ok"
```

Ilustración 73 – Recibiendo coordenadas y datos desde el cliente -

Cuando el cliente, desde la interfaz, añade un componente al mapa, el servidor recibe, procesa esta información y la guarda en un archivo json. Para esto se creó un diccionario donde se contiene las coordenadas donde fue colocado y el nombre de ese componente (titulo). A través del método POST y junto a otra función del lado del cliente (la veremos en la sección correspondiente) estos datos llegan al servidor.

Luego se realiza una comprobación para evitar posibles elementos duplicados. Si esto no existe se añaden los componentes a una lista llamada “configuración” que contiene todas las configuraciones que el usuario está realizando en el mapa.

Finalmente, se guarda todo en un archivo json. Este se encuentra en el servidor y está disponible para reescribir y/o leer.

Cálculos en el Dashboard

```
@app.route('/dashboard/', methods = ['POST', 'GET'])
def dashboard():
    if not g.user:
        return redirect(url_for('login'))

    with open('static/json/configuraciones.json') as archivo:
        configuraciones = json.load(archivo)

    #kilometros
    kmFibra = 0
    for i in range(len(configuraciones)-1):
        if configuraciones[i]['titulo']=="Tramo de Fibra" and configuraciones[i+1]['titulo']=="Tramo de Fibra":
            puntoA = [float(configuraciones[i]['latitud']), float(configuraciones[i]['longitud'])]
            puntoB = [float(configuraciones[i+1]['latitud']), float(configuraciones[i+1]['longitud'])]
            kmFibra += calcular_distancia(puntoA,puntoB)
```

Ilustración 74 - Calculando los objetos en el Dashboard -

Primeramente, se verifica si el usuario inició sesión en el sistema. De ser así, accede a los datos.

En esta sección, tenemos que calcular los kilómetros de Fibra desplegada por el usuario y la cantidad de componentes (ONTs, OLTs, Cajas de Emplame, etc). Para lograr lo primero, a partir de la Fórmula de Haversine, podemos calcular la distancia entre dos puntos geográficos. A estas distancias las sumamos en una variable, que luego se envía para informar en el Dashboard.

```
def calcular_distancia(puntoA, puntoB):
    puntoA=[radians(puntoA[0]), radians(puntoA[1])] #pasamos las coordenadas a radianes para
    puntoB=[radians(puntoB[0]), radians(puntoB[1])] #hacer los calculos
    a=6371.01 #radio de la tierra en km
    d=a*acos(sin(puntoA[0])*sin(puntoB[0]) + cos(puntoA[0])*cos(puntoB[0])*cos(puntoA[1] - puntoB[1]))
    return d
```

Ilustración 75 - Fórmula de Haversine en el código Python -

Luego se calculan la cantidad de componentes. Con un simple ciclo for, se recorre el json y se contabilizan los que cuentan con el mismo “titulo”.

Se muestra el algoritmo para la cantidad de Cajas NAPs:

```
#cantidad de cajas NAP
nNAPs = 0
for conf in configuraciones:
    if conf['titulo']=="Caja NAP":
        nNAPs+=1
```

Ilustración 76 – contador de cajas NAP -

El proceso es igual para los demás componentes.

Finalmente, se envían las variables para mostrarse en el Dashboard:

```
return render_template('dashboard.html', kilometros = trunc(kmFibra),
naps = nNAPs, onts = nONTS, olts = nOLTS, splitters = nSplitters,
cajasdeempalmes = nCajasdeEmpalmes, odfs = nOdfs)
```

Ilustración 77 –Variables que se mostrarán en el Dashboard -

Añadir Equipos:

```
@app.route('/anadir_equipos', methods=['POST'])
def anadir_equipos():
    if request.method == 'POST':
        nombre = request.form['nombre']
        marca = request.form['marca']
        precio = request.form['precio']
        cur = mysql.connection.cursor()
        cur.execute("INSERT INTO equipos (nombre, marca, precio) VALUES (%s,%s,%s)", (nombre, marca, precio))
        mysql.connection.commit()
        flash('El equipo se añadió correctamente')
        return redirect(url_for('equipos'))
```

Ilustración 78 - Añadiendo parámetros de los equipos por teclado -

En esta parte simplemente se agregan los equipos que el usuario desee, en una Base de Datos previamente creada.

Cálculo del BOM

```
@app.route('/anadir_equiposbom', methods=['POST'])
def anadir_equiposbom():
    if request.method == 'POST':
        equipos = request.form['equipo']
        equiposlista = equipos.split("#")
        nombre = equiposlista[0]
        marca = equiposlista[1]
        precio = equiposlista[2]
        cantidad = request.form['cantidad']
        subtotal = float(precio)*int(cantidad)
        # print(equiposlista)
        cur = mysql.connection.cursor()
        cur.execute("INSERT INTO equiposbom (nombre, marca, precio, cantidad, subtotal) \
VALUES (%s,%s,%s,%s,%s)", (nombre, marca, precio, cantidad, subtotal))
        mysql.connection.commit()
        flash('El equipo se añadió correctamente. BOM actualizado (VER ABAJO)')
        return redirect(url_for('equiposbom'))
```

Ilustración 79 – Calculando el BOM (Bill Of Materials) -

Aquellos equipos que el usuario elige agregar al BOM, son cargados en una nueva tabla que los almacena.

```
@app.route('/equiposbom')
def equiposbom():
    if not g.user:
        return redirect(url_for('login'))
    cur = mysql.connection.cursor()
    cur.execute('SELECT * FROM equiposbom')
    data1 = cur.fetchall()
    cur.close()
    cur = mysql.connection.cursor()
    cur.execute('SELECT * FROM equipos')
    data2 = cur.fetchall()
    cur.close()

    #Calculo BOM total
    total = 0
    for d in data1:
        total += float(d[5])

    return render_template('ver-equiposbom.html', equiposbom = data1, equipos = data2, total = total)
```

Ilustración 80 - añadiendo precios al BOM -

Luego esos datos se leen y se realiza una multiplicación de la cantidad de equipos y el precio establecido por el usuario. Finalmente, se suma todo y se envía para informar el costo Total.

5.4.3 Cliente

Ahora veremos el código del lado del Cliente. El lenguaje de programación predominante pasa a ser JavaScript.

Enviar datos al Servidor

```
function enviarAlServidor(titulo,latitud,longitud){
  let ftthInfo = {
    'titulo': titulo,
    'latitud' : latitud,
    'longitud' : longitud
  }
  const request = new XMLHttpRequest();
  request.open('POST',`/procesarFtthInfo/${JSON.stringify(ftthInfo)}`);
  request.onload = () => {
    const flaskMessage = request.responseText;
    console.log(flaskMessage);
  }
  request.send();
};
```

Ilustración 81 – Enviando datos al servidor -

Para lograr enviar los datos del usuario hacia el servidor, se eligió AJAX.

A partir de XMLHttpRequest, un objeto JavaScript que permite realizar peticiones HTTP asíncronas de forma nativa, se genera una solicitud para enviar datos al servidor.

En el método POST la información no queda visible para el usuario, por lo que ofrece discreción y aumenta la seguridad.

En el servidor, se almacena toda esta configuración en un archivo json.

Recibir datos desde el Servidor

```
function leerDelServidor(){
  const request = new XMLHttpRequest();
  request.open('GET', '/static/json/configuraciones.json');
  let tramos=[];
  request.onreadystatechange = function() {
    if (this.readyState === XMLHttpRequest.DONE && this.status === 200){
      let requestJson = JSON.parse(this.responseText);
      console.log(Object.keys(requestJson).length);
      if (Object.keys(requestJson).length==0){
        mymap.setView([-34.63, -58.43], 5); //necesario para que aparezcan al actualizar los equipos previos. Setea la
        console.log("No hay datos cargados previamente")
      }
      else{
        for (equipos of requestJson){
          console.log(equipos["titulo"]);
          if (equipos["titulo"] == "ONT"){
            agregarPrevio(mymap, "ONT", "../static/img/ont.png",
              parseFloat(equipos["latitud"]), parseFloat(equipos["longitud"]));
          }
          else if (equipos["titulo"] == "OLT"){
            agregarPrevio(mymap, "OLT", "../static/img/olt.png",
              parseFloat(equipos["latitud"]), parseFloat(equipos["longitud"]));
          }
          else if (equipos["titulo"] == "Tramo de Fibra"){
            tramos.push([equipos["latitud"],equipos["longitud"]]);
            console.log(tramos)
            cargarRealizarDesplieguePrevio(mymap, tramos, equipos["latitud"], equipos["longitud"]);
          }
          else if (equipos["titulo"] == "Caja de Empalme"){
            agregarPrevio(mymap, "Caja de Empalme", "../static/img/cajadeempalme.png",
              parseFloat(equipos["latitud"]), parseFloat(equipos["longitud"]));
          }
          else if (equipos["titulo"] == "Caja NAP"){
            agregarPrevio(mymap, "Caja NAP", "../static/img/cajanap.png", parseFloat(equipos["latitud"]),
              parseFloat(equipos["longitud"]));
          }
        }
        mymap.setView([-34.63, -58.43], 5); //necesario para que aparezcan al actualizar. Setea la ubicacion de inicio
      }
    }
  }
}
```

Ilustración 82 – almacenando datos de los equipos en archivo json -

De forma similar que, en la función anterior, se leen los datos enviados por el servidor para su procesamiento. Esta función tiene el objetivo principal de volver a cargar los parámetros que el usuario había establecido previamente, para que cuando se vuelva a actualizar la página todos los componentes y tramos de Fibra se encuentren en las ubicaciones correctas.

Trazo de línea sobre el mapa:

```
function realizarDespliegue(mymap){
    mymap.off("click"); //para "limpiar" lo que puede haber antes

    var layerGroup = L.layerGroup().addTo(mymap);
    var markerArray = [];

    mymap.on("click", function(e){
        var poplocation = e.latlng;

        var Idespligue = L.icon({
            iconUrl: "icono.png",
            iconSize: [1, 1],
            iconAnchor: [1, 1],
            popupAnchor: [0, -1]});

        var marker = L.marker([e.latlng.lat, e.latlng.lng], {
            title: "Fibra",
            draggable:true,
            // opacity: 0.75,
            icon: Idespligue}).bindPopup("<i>FTTH</i>").addTo(mymap);

        marker.addTo(layerGroup);
        coordenadasMapa += e.latlng.lat + " " + e.latlng.lng + "\n";
        var coordinates = [marker.getLatLng().lat, marker.getLatLng().lng];
        markerArray.push(coordinates);
        //trazar linea
        var polyline = L.polyline(markerArray, {color:'red'}).addTo(mymap);
        polyline.addTo(layerGroup);
        // mymap.fitBounds(polyline.getBounds());
        //se envia al servidor flask
        enviarAlServidor('Tramo de Fibra',`${e.latlng.lat}`,`${e.latlng.lng}`);
    });
}
```

Ilustración 83 – Trazado de la línea sobre el mapa -

Con las diferentes propiedades y métodos que provee MapBox, se logra trazar una línea a cada click que realiza el usuario. En cada punto de finalización de se envían las coordenadas y el título del elemento, con la ayuda de la función vista previamente, hacia el servidor para guardarse en el archivo “configuraciones.json”.

Añadir componentes

```
function agregar(mymap, nombre, urlImagen){
    mymap.off("click"); //para el despliegue

    var layerGroup = L.layerGroup().addTo(mymap);
    var markerArray = [];

    mymap.on("click", function(e){
        var poplocation = e.latlng;
        var image = L.icon({
            iconUrl: urlImagen,
            iconSize: [60, 60],
            iconAnchor: [15, 40],
            popupAnchor: [0, -40]});

        var markerFTTH = L.marker([e.latlng.lat, e.latlng.lng], {
            title: nombre,
            draggable:true,
            // opacity: 0.75,
            icon: image}).bindPopup(`<i>${nombre}</i>`).addTo(mymap);

        markerFTTH.addTo(layerGroup);
        var coordinates = [markerFTTH.getLatLng().lat, markerFTTH.getLatLng().lng];
        markerArray.push(coordinates);
        enviarAlServidor(nombre,`${e.latlng.lat}`,`${e.latlng.lng}`);
    });
}
```

Ilustración 84 - Añadiendo componentes -

De forma análoga a la anterior función, aquí solamente cambiamos las dimensiones del icono a mostrar y su diseño.

Resumen de lo logrado

A modo de resumen se detallan las funcionalidades logradas:

- Agregar componentes y fibras por parte del usuario
- Realizar despliegue en el mapa
- Añadir componentes al mapa
- Almacenamiento de configuraciones en archivo json
- Recuperar configuración previa al recargar la página
- Calcular BOM
- Conteo de cantidad de Kilómetros de Fibra y cantidad de componentes
- Sesiones de usuarios

6 Conclusiones

Esta sección, a modo de concluir, pretende recapitular lo abarcado en este Proyecto Final Integrador.

En la última década la tecnología FTTH ha crecido de manera exponencial en todo el mundo, reemplazando a las redes de telecomunicaciones anteriores, justificada por sus excelentes prestaciones que permiten brindar a los usuarios una conectividad óptima, segura, rápida y escalable.

En una actualidad en la cual muchas zonas de nuestro país poseen pésimas condiciones de conectividad a internet y demandan mayores velocidades, esta tecnología es una alternativa excelente a la hora de satisfacer esta demanda. Si bien su inversión inicial es alta, la red será más estable, fiable, rápida y segura que otras tecnologías como las que utilizan cobre, por ejemplo. Esto permite recuperar la inversión en un periodo corto de tiempo. Sin dudas la forma en la cual nos conectaremos con el mundo en el futuro tendrá a la Fibra Óptica y al FTTH-GPON como protagonistas.

Con respecto al porcentaje de usuarios de FTTH en nuestro país, en los próximos años veremos que se acelerará su participación principalmente por las inversiones que se encuentran realizando grandes empresas como Movistar y las pequeñas que migran desde sus redes xDSL y HFC hacia la fibra por sus grandes beneficios. Este fenómeno comenzó en los países similares al nuestro en sus redes como hemos visto en el apartado “Comparativa Argentina vs Otros países”. El par de cobre quedará atrás y las principales tecnologías serán el FTTH y HFC DOCSIS, en qué porcentaje ya veremos.

FTTH-GPON es capaz de seguir el constante aumento de la demanda de mayores anchos de banda a medida que surgen nuevos servicios y aplicativos. Mientras que otros competidores deben actualizarse para poder tener prestaciones similares a la fibra.

En este Proyecto final de Ingeniería se pretende brindar una herramienta, a los interesados en realizar o comenzar a desplegar este tipo de redes, ya sean desde pequeñas hasta medianas empresas de Telecomunicaciones, que permita diseñar la misma con una interfaz simple e intuitiva y con funcionalidades que se han detallado a lo largo del trabajo.

Este software con sus características facilitaría mucho el trabajo en entornos de trabajo donde quizás no se dispone de un departamento específico y se debe recurrir a los mismos técnicos o ingenieros de cabecera para el diseño, permitiéndoles un libre diseño para la posterior implementación acompañado por un presupuesto de la red planteada en la aplicación web.

Softwares como el que se ha desarrollado son ciertamente escaso en el rubro de despliegue de redes, o los pocos que existen son privativos para muchas empresas debido a sus elevados costes y su compleja manipulación. Este fué el motivo que desató en nosotros la iniciativa de este desarrollo de software web, esperando que, el día de mañana, pueda ayudar a PyMes a sacar adelante los servicios de conectividad a lo largo de toda la Argentina. Hoy por hoy, la fibra óptica irá convirtiéndose en un rival cada vez más grande para las tecnologías de cobre debido a su rápida expansión en todo el mundo, justificado por sus grandes ventajas que la convierten, a ritmos exponenciales, en una excelente alternativa de mercado.

Sin dudas, un inmensurable número de obstáculos se tuvieron que sortear a lo largo del proyecto. A medida que nos adentrábamos, las incertidumbres se multiplicaban. Problemas con el script, con librerías y con el desconocimiento de programar un software de este estilo se intensificaban a medida que avanzábamos. Adicionalmente, no dejábamos de aprender nuevos conceptos que se aplican en la vida real, los cuales nos hacían modificar parámetros dentro del software. Fue cuestión de horas-silla y sacar adelante el programa, agradecidos por la dedicación y enseñanza adquiridas.

Desde las experiencias y vivencias de una pequeña empresa ISP promedio como Video Cable Dolores hemos pretendido satisfacer las necesidades con respecto al diseño de despliegue que surgen con el objetivo de lograr un proceso más óptimo, eficiente y sencillo. Esperamos haberlo logrado y contribuir al crecimiento de esta magnífica tecnología que día a día revoluciona el mundo de la conectividad.

En etapas futuras es posible adoptar y combinar esta aplicación con un sistema de aprovisionamiento, empleando herramientas como el protocolo SNMP y su potencial para lograr una administración y mantenimiento de la red completa, obteniéndose un producto más completo con funcionalidades que junten el diseño y el monitoreo.

7 Bibliografía

7.1 Páginas Web:

Panorama de Mercado [en línea] <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado> [Consulta 30 Marzo 2021]

CNMC [en línea] <https://www.cnmc.es> [Consulta 30 Marzo 2021]

Fiber System [en línea] <https://www.fibre-systems.com/feature/us-fibre-reaches-further> [Consulta 1 Abril 2021]

OCDE [en línea] <https://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/> [Consulta 3 Abril 2021]

CABASE . [en línea] <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDc4MTJiMmUtMmZhYS00OGYzLWI3ZWVtYmNjNTk0OTcyOGIzIiwidCI6ImUxMzMxMmI2LTRkOTMtNDMyOC05NjkxLTA1ZTc3ODNiMGVhMSIsImMiOiR9> [Consulta 20 Abril 2021]

GPON. [en línea] <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php> [Consulta 20 abril 2021]

FTTx. [en línea] <https://docplayer.es/docview/20/455634/#file=/storage/20/455634/455634.pdf> [Consulta 2 Mayo 2021]

Red APON. [en línea] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5019/4/T2371.pdf> [Consulta 2 Mayo 2021]

Tecnologías PON. [en línea] <https://www.cablinginstall.com/wireless-5g/article/16467709/what-the-future-holds-for-nextgeneration-pon-technologies> [Consulta 2 Mayo 2021]

Tecnología GPON. [en línea] <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/switches/catalyst-pon-series/216230-understand-gpon-technology.pdf> [Consulta 3 Mayo 2021]

Introducción y Conceptos generales GPON. [en línea] <https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf> [Consulta 3 Mayo 2021]

ITU G.984.3. [en línea] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3-201401-I/es> [Consulta 20 Mayo 2021]

Configuración servicios en entornos GPON. [en línea] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/133826/Orozco%20-%20Configuraci%C3%B3n%20de%20servicios%20en%20entornos%20GPON.pdf?sequence=1> [Consulta 20 Mayo 2021]

Conexiones de fibra. GPON – FTTH. [en línea] <https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/> [Consulta 29 Mayo 2021]

Redes LAN. [en línea] <https://sites.google.com/site/nestorsuarezperez9/tema-5-redes-de-area-local-lan> [Consulta 29 junio 2021]

Redes VPN. [en línea] <https://www.xataka.com/basics/que-es-una-conexion-vpn-para-que-sirve-y-que-ventajas-tiene> [Consulta 5 Julio 2021]

Gartner. [en línea] <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-26QIXY58&ct=210707&st=sb> [Consulta 5 Julio 2021]

7.2 Libros:

Wayne, Tomasi. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. 4ta.ed. Phoenix : Pearson Education. 2003. 976p. ISBN 970-26-0316-1

Gustavo, Giacco. *Business defined Networks*. 1ra ed. Ediciones UADE.2020. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 134 p. ISBN 978-987-519-164-8

7.3 Otros soportes:

Mandujano Castro. Carlos Rolando . *Diseño de una red FTTH basado en el estandar GPON para la conexión de videocamaras para el distrito de San Martin de Porres*. Lima. 2019 [en línea] https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625704/castro_mr.pdf?s%2520%2520equence=1&isAllowed=y [Consulta 15 septiembre 2021]

Pinilla Osorio Jairo Felipe . Nieto gonzales Jairo Humberto. *Configuraci[on din[amica de canales ascendentes y descendentes en una red de acceso wdm-pon* . Bogotá D.C. 2015 . [en línea] <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2741/Gonz%C3%A1lezNietoJairoHumberto2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consulta 15 septiembre 2021]

Cañievsky, Alexis - Vega Sharim. *Solución de automatización para dispositivos de red multivendor*. Buenos Aires. 2021. [en línea] https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/13476/Tesis%20Manager-100%25_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Consulta 15 Septiembre 2021]