UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

"DISEÑO DE UNA RED GPON, PARA EL MUNICIPIO DE ACHACACHI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ"

MEMORIA LABORAL – PETAENG PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por: JOEL OSWALDO ALIAGA ARCE

Tutor: ING. LUIS RAMIRO VELARDE CHÁVEZ

La Paz – Bolivia
Septiembre, 2019

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres Oswaldo Aliaga Maina y Miriam Lourdes Arce López que me dieron la vida que gracias a su esfuerzo desinteresado me dieron una educación y me llevaron por el camino del bien. Como también a mis dos bellos hijos Axl y Derek quienes son mi inspiración para seguir creciendo profesionalmente. También dedico el presente trabajo a mis hermanos que gracias a su apoyo logre cumplir mis objetivos.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi tutor. Ing. Luis Ramiro Velarde Chávez, como de mi tribunal Ing. Edwin Ibarra e Ing. Alberto Aguilera que gracias a su colaboración e instrucciones pude culminar con el presente trabajo.

También quiero agradecer a las enseñanzas de todos mis docentes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la UMSA. Que gracias a sus enseñanzas hoy en día soy una persona de bien para esta sociedad.

Como también a la ayuda desinteresada de mis compañeros de trabajo que gracias a su colaboración pude cumplir con el presente trabajo, como también a la empresa donde presto mis servicios por más de doce años ENTEL S.A. Donde cada día aprendo algo

RESUMEN DEL TRABAJO

El presente trabajo de diseño de una red GPON - FTTH, en la población de Achacachi capital de la Provincia Omasuyos de la ciudad de La Paz. Que según el censo oficial realizado en 2012, El municipio de Achacachi cuenta con una población 46.058 habitantes, lo que la convierte en el quinto municipio más poblado del departamento de La Paz.

El diseño de la red FTTH para el municipio de Achacachi, considerando que la empresa ENTEL S.A se encuentra en plena etapa de cobertura con esta tecnología en nuestro país, propone el diseño de parámetros técnicos y tratando siempre de optimizar al máximo la red de equipos con los que dicha empresa cuenta.

Para el efecto se considerará el nodo existente de Entel ubicado en el cerro de Achacachi donde se tiene un enlace de Radio Huawei que enlaza con Cerro Kapique de igual manera se tiene el enlace de FO. DWDM que viene desde la ciudad de La Paz desde el equipo Optix OSN 9800, este enlaza con Huarina con el equipo Optix OSN 8800 y el mismo enlaza con Achacachi Optix OSN 1800 donde se instalaría el equipo OLT de marca Huawei la misma cuenta con tarjetas GPBH con capacidad de 8 puertos, con capacidad de 64 clientes por puerto según recomendación del fabricante. Cada hilo de fibra óptica llegara al ODF, donde se debe considerar que estos se encuentren lo más próximos posible debido a que deberemos interconectar a estos por medio de Patch Cord de fibra óptica.

Posteriormente se debe diseñar el área de cobertura de la red, donde para su primera distribución se utilizará splitter de 1:16 (primer nivel de división óptica) posteriormente se pasará a los splitters de segundo nivel (segundo nivel de división óptica) posteriormente ya para distribuir el servicio a los usuarios finales se distribuirán cajas NAP que son de capacidad de 1:16 que corresponde a los puertos disponibles para los usuarios finales para una determinada porción de la zona. De esta forma obtendremos 64

usuarios por filamento de fibra además se dejará hilos de reserva para futuras ampliaciones, para esto se realizará un bosquejo de la red utilizando para ello Google Earth Pro en primera instancia enmarcar el área seleccionada para poner un anillo de red y de esta manera poder distribuir las cajas NAP para su llegada a instalaciones de los usuarios a través del quipo terminal de usuario ONT.

Descripción de la actividad laboral

Actualmente prestó mis servicios en la empresa Entel S.A. En el departamento Centro Nacional de Operaciones. En el área de NOC-Tx donde se gestiona a nivel nacional, la red de fibra óptica DWDM y SDH, como también la red de transporte de Radio con sus gestiones U2000 de Radio y fibra óptica (Huawei) así mismo se tiene otras gestiones de radio enlaces Huawei, ZTE, Ericsson y Ceragon donde llevo trabajando seis meses en este campo. Anteriormente trabajaba en el NOC-DxIP donde gestionaba los servicios de Internet y Datos a nivel nacional, entre las gestiones que tuve la experiencia de manejar estaba la Cisco Prime, donde se encuentra el core de Internet y Datos, como también las gestiones U2000 (Huawei) y NetNumen U31 (ZTE) donde se gestiona los MSAN y OLT, de donde se brinda los servicios ADSL y FTTH, do0nde preste mis funciones durante seis años, Pero anteriormente trabajaba en el departamento de O&M Datos y Internet para mi satisfacción pude se parte del lanzamiento del servicio ADSL a nivel Bolivia ya que esta tecnología representaba el crecimiento de negocios y mejoras tecnológicas para la empresa ENTEL, ya que con esta tecnología se podían llegar a velocidades arriba de los 2Mbps a precios mucho más accesibles que los ya existentes para entonces como era el Online.

Ya que anteriormente solo existían servicios Online y Dial-up donde las velocidades de transferencia eran de 32 y 64 Kbps y el Online desde los 64 Kbps hasta los 512 Kbps, claro que con la llegada del servicio ADSL también los servicios Online subieron

también sus velocidades utilizando para ello el servicio SDH. Es por esta razón que realizo mi memoria técnica sobre este servicio.

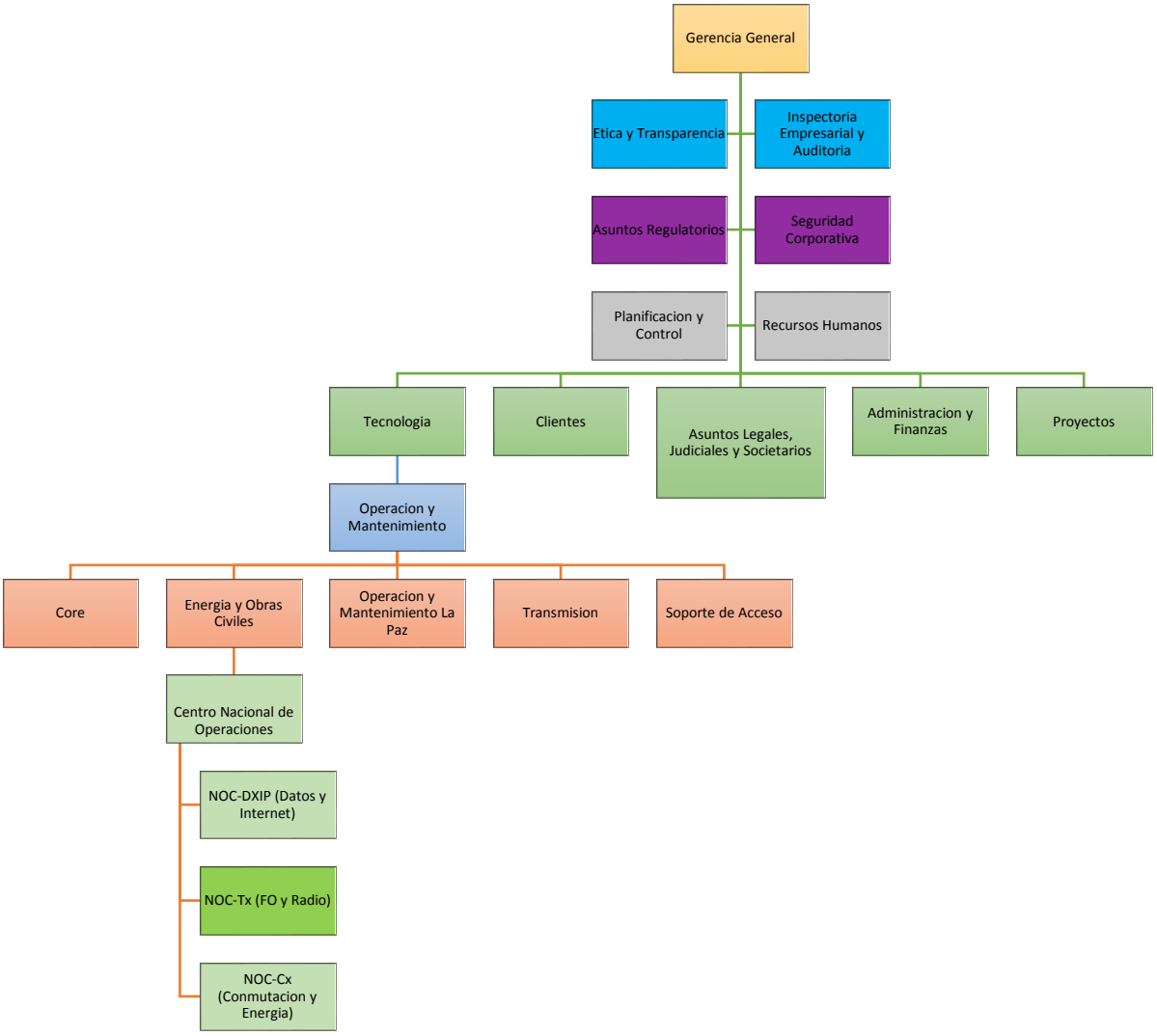


Figura: Organigrama – Entel S.A.
Fuente: Elaboración propia

INDICE DE TABLAS

TABLA 4. 1:ATENUACIÓN (SPLITTERS) *59*
TABLA 4. 2:Características técnicas del equipo ONT *64*
TABLA 4. 3:ANCHO DE BANDA POR USUARIO *68*
TABLA 4. 4:TOTAL ANCHO DE BANDA *69*
TABLA 4. 5:PLANES DE SERVICIO DE INTERNET Y TRIPLEPLAY FTTH - 2019 ..... *70*
TABLA 4. 6:PREGUNTA NUMERO 1 ..... *77*
TABLA 4. 7:PREGUNTA NUMERO 2 ..... *78*
TABLA 4. 8:PREGUNTA NUMERO 3 ..... *79*
TABLA 4. 9:Pregunta numero 4 ..... *80*
TABLA 4. 10:PREGUNTA NUMERO 5 ..... *81*
TABLA 4. 11: REFERENCIAS IMPORTANTES PARA EL CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO *89*
TABLA 4. 12: DATOS TECNICOS DE EL ENLACE DE FIBRA *89*

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

FIGURA 2. 1: INTERNET *6*
FIGURA 2. 2: DIAL UP *8*
FIGURA 2. 3: SERVICIOS - TRIPLE PLAY *11*
FIGURA 2. 4: Comparativa entre los diferentes tipos de fibra óptica *12*
FIGURA 2. 5: Fibra óptica -monomodo *13*
FIGURA 2. 6: fibra optica - multimodo *14*
FIGURA 2. 7: tipos de fibra óptica *15*
FIGURA 2. 8: funcionamiento red pon - downstream *23*
FIGURA 2. 9: FUNCIONAMIENTO RED PON - UPSTREAM *24*
FIGURA 2. 10: VLAN POR SERVICIO *25*
FIGURA 2. 11: ACCESO A LOS SERVICIOS DE BANDA ANCHA - GPON *26*
FIGURA 2. 12: TIPOS DE REDES - FTTX *27*
FIGURA 2. 13: NIVELES ESTRUCTURALES DE UNA RED FTTH *29*
FIGURA 2. 14: LONGITUD DE ONDA *31*
FIGURA 2. 15:ENVIÓ DE INFORMACIÓN EN DIFERENTES LAMBDAS *32*

FIGURA 2. 16:TRANSMISION DE VOZ, DATOS Y VIDEO *34*
FIGURA 2. 17:ESTRUCTURA DE UNA CELDA-ATM *35*

CAPITULO III

FIGURA 3. 1: OPTIX OSN 8800 -DWDM *40*
FIGURA 3. 2: ENLACE DE FO. DWDM -GESTION U2000 - HUAWEI *41*
FIGURA 3. 3: EQUIPO OSN 1800V ACHACACHI - GESTION U2000 - HUAWEI *42*
FIGURA 3. 4: RED DWDM – ENTEL *45*
FIGURA 3. 5: DISTANCIA DE TRANSMISIÓN - LAMDAS - CWDM Y DWDM *47*
FIGURA 3. 10: POOL DE DIRECCIONES IP CONFIGURADAS CISCO ASR 9010 ..... *49*
FIGURA 3. 11: EQUIPO DE RADIO ACHACAHI RTN 950 - GESTION U2000 -HUAWEI *50*
FIGURA 3. 12:OLT- MA5600T - HUAWEI *51*
FIGURA 3. 13: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS OLT 5600 ..... *52*
FIGURA 3. 14: CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA DE SERVICIO *53*
FIGURA 3. 15: CARACTERÍSTICAS TARJETA DE INTEGRACION *53*
FIGURA 3. 16: OLT's LPZ - GESTIÓN U2000 - HUAWEI *55*
FIGURA 3. 17:OLT_OBRAJES - GESTIÓN U2000 - HUAWEI *56*
FIGURA 3. 18: OLT_OBRAJES -GESTION U2000 - HUAWEI *57*
FIGURA 3. 19:OLT_OBRAJES - GESTION U2000 - HUAWEI *57*

CAPITULO IV

FIGURA 4. 1: SPLITTER - 1:16 PUERTOS - HUAWEI *60*
FIGURA 4. 2: CAJAS DE EMPALME PARA PLANTA EXTERNA - (NAP) PARA 16 CLIENTES *61*
FIGURA 4. 3: ONT (MODELO HG8245H - HUAWEI) *63*
FIGURA 4. 4: STB – ENTEL AMINO A50 ..... *66*
FIGURA 4. 5: esquema de la instalación en cliente final *67*
FIGURA 4. 6: *TRÁFICO DE DATOS EN EQUIPO CISCO ASR9010 (INTERNET)* *74*
FIGURA 4. 7: TRÁFICO DE IPTV Y VOZ (INTERNET) *75*
FIGURA 4. 8:EQUIPAMIENTO DE LA RED CISCO Y DWDM – DESDE LA CIUDAD DE LA PAZ, HACIA ACHACACHI *76*

FIGURA 4. 9:GRAFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA 78
FIGURA 4. 10: GRAFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA 79
FIGURA 4. 11:GRAFICA DE LA TERCERA PREGUNTA 80
***FIGURA 4. 12:**GRAFICA DE LA CUARTA PREGUNTA **Fuente:** Elaboración Propia 81*
FIGURA 4. 13: GRAFICA DE LA QUINTA PREGUNTA 82
FIGURA 4. 14:COBERTURA DEL SERVICIO FTTH - ACHACACHI 84
FIGURA 4. 15:PRIMERA ÁREA DE COBERTURA FTTH - ACHACACHI 85
FIGURA 4. 16:SEGUNDA ÁREA DE COBERTURA DEL SERVICIO FTTH - ACHACACHI 86
FIGURA 4. 17:SEGUNDA ÁREA DE COBERTURA DEL SERVICIO FTTH - ACHACACHI 87

ANEXOS

ANEXO FIGURA 1: EQUIPO TERMINAL ONT (ZTE) 100
ANEXO FIGURA 2: EQUIPOS DE RADIO MARCA HUAWEI MODELO RTN 950 101
ANEXO FIGURA 3: EQUIPOS DE ENLACE DE FIBRA MARCA HUAWEI ÓPTICA ATN 910B 102
ANEXO FIGURA 4: EQUIPOS DE ENLACE DE FIBRA MARCA HUAWEI ÓPTICA OSN 1800 103
ANEXO FIGURA 5: MAQUETA ENLACE GPON - INSTALACIONES HUAWEI 103

INDICE

CAPITULO I – MARCO CONCEPTUAL 1

1. Antecedentes. 1

1.2. Planteamiento del Problema. 1

1.2.1. FORMULACION DEL PROBLEMA 2

1.3. Objetivos. 2

1.3.1. Objetivo General 2

1.3.2. Objetivos Específicos 2

1.4. Justificación. 2

1.4.1. Justificación social 2

1.4.2. Justificación Técnica 3

1.4.3. Justificación Económica 3

1.4.4. Justificación Académica 4

1.4.5. Justificación Jurídica 4

1.5. Delimitación. 5

1.5.1. Delimitación Temática. 5

1.5.2. Delimitación Temporal. 5

1.5.3. Delimitación Espacial. 5

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO 6

2.1. Nodo 6

2.2. Internet 6

2.3. Dial-up 7

2.4. ADSL 8

2.5. FTTH 9

2.6. Fibra óptica. 11

2.6.1. Diferencias entre cables de fibra óptica monomodo y multimodo 12

2.6.2. Fibra Óptica monomodo 13

2.6.3. Hay dos tipos de cable monomodo: 13

2.6.4. Fibra Óptica multimodo 14
2.6.5. Ventajas de la fibra óptica 15
2.6.5.1. Bajo costo: 15
2.6.5.2. Mayor capacidad de carga: 16
2.6.5.3. Menor degradación de la señal: 16
2.6.5.4. Vida útil prolongada: 16
2.7. Desventajas de la fibra óptica. 16
2.7.1. Baja energía. 16
2.7.2. Fragilidad 17
2.8. Redes de tecnología PON (Red Óptica Pasiva). 17
2.8.1. APON (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network). 17
2.8.2. BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha). 18
2.8.3. GPON (Gigabit-capable PON). 18
2.8.4. EPON (Ethernet PON). 18
2.8.5. GPON (Gigabit Passive Optical Network). 19
2.8.6. Ventajas de GPON. 20
2.8.7. Desventajas de GPON. 21
2.8.8. MULTIPLEXACION. 22
2.8.9. Implementación Multicast 26
2.9. REDES FTTX 26
2.9.1. Fibra a la casa (FTTH) Fiber to The Home. 27
2.9.2. Fibra al edificio (FTTB) Fiber to The Building. 28
2.9.3. Fibra al Armario (FTTC) Fiber to the Curb. 28
2.9.4. Fibra a la Antena (FTTA) Fiber to the Antenna. 28
2.10. Niveles de una red FTTH 29
- Nivel de aplicación: 29
- Nivel IP: 29
- Nivel de transmisión: 30
2.11. LONGITUD DE ONDA. 30
2.12. ATM Modo de Transferencia Asíncrona. 33
2.12.1. TOPOLOGÍA ATM 34
2.13. Protocolo punto a punto (PPP) 36
2.13.1 PPPoE 36

2.13.2. Fase de descubrimiento (PPPoED) 36
2.13.3. PADI (PPPoE Active Discovery Initiation). 37
2.13.4. PADO (PPPoE Active Discovery Offer): 37
2.13.5. PADR (PPPoE Active Discovery Request): 37
2.13.6. PADS (PPPoE Active Discovery Session-confirmation): 37
2.14. Fase de sesión 37
- Nivel físico: 38
- Nivel de soporte: 38

CAPITULO III 39

3. Análisis para el diseño 39
3.1. OPTIX OSN 8800. 39
3.1.1 CARACTERISTICAS TECNICAS EQUIPO OSN 8800: 40
3.2. OPTIX OSN 1800. 42
3.2.1. CARACTERISTICAS TECNICAS EQUIPO OSN 1800V: 42
3.3. DWDM. 43
3.3.1. Funcionamiento DWDM. 43
3.3.1.1. VENTAJAS CWDM 45
3.3.1.2. VENTAJAS DWDM 46
3.3.2. ELECCION ENTRE CWDM o DWDM 48
3.7. OPTIX RTN 950. 49
3.7.1. CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO RTN 950 HUAWEI 50
3.8. SmartAX MA5600T Series OLTs. 51
3.8.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EQUIPO OLT MA5600T HUAWEI 54

CAPITULO IV – INGENIERIA DEL PROYECTO 59

4. Equipamiento para su implementación y cálculos 59
4.1. Divisores (Splitters) para FTTH. 59
4.2. Cajas NAPS 60
4.2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SPLITTER SPL2605 HUAWEI 60
4.2.2. Para el diseño 61
4.3. ONT Terminal de red óptica 62
4.3.1. Uso de las ONT 62

4.3.2. Configuración Remota de las ONT 65
4.4. STB Decodificador de televisión 65
4.4.1. Uso de los STB 65
4.4.2. Características técnicas equipo STB AMOMO A50 67
4.5. CALCULO DE ANCHO DE BANDA 67
4.5.1. Ancho de banda. – 69
4.6. VELOCIDAD DISPONIBLE POR USUARIO 69
4.7. Trafico de IPTV 70
4.7.1. El overbooking. 71
4. Diseño para la implementación 76
4.1. Resultados de la encuesta 77
4.2. Analizando la encuesta 82
4.3. Planificación de la red GPON 83
4.4. Diseño de la red FTTH: 84
4.4.1. Fase 1: 85
4.4.2. Fase 2 86
4.4.3. Fase 3 87
4.5. CALCULO DE POTENCIAS 88
CAPITULO V– CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES 90
5. CONCLUSIONES 91
5.1 Conclusiones y recomendaciones para la carrera 92
Webgrafía 96
ANEXOS 99

CAPITULO I – MARCO CONCEPTUAL

1. Antecedentes.

La incorporación de las Tecnologías de Información y la comunicación va en constante desarrollo y evolución en el mundo, como es el caso de los servicios multimedia que, a través de Fibra óptica, están generando mayor rendimiento y velocidad, en las ciudades de Bolivia y el mundo mejorando la confianza de los usuarios por el servicio.

La arquitectura GPON (Red óptica pasiva gigabit) nos ofrece un abanico de posibilidades entre las que más demanda tienen es el FTTH (Fibra hasta el hogar), en el mercado de las telecomunicaciones brinda mejores prestaciones, capaz de ofrecer servicios de 4Play o multimedia ya que gracias a las propiedades de la fibra óptica se puede enviar tráficos de alta velocidad, por este medio que es la fibra óptica de tipo físico que sustituye la transmisión de señales a través de impulsos electromagnéticos por impulsos luminosos. Además de lograr un ancho de banda muy superior al ofrecido por los pares de cobre, dada la naturaleza del cable y de sus características de propagación mediante rayos de luz, es un medio insensible a las interferencias electromagnéticas.

Es en este sentido que el presente proyecto propone diseñar una red basada en arquitectura GPON - FTTH, estableciendo su expansión fuera de las ciudades capitales e incorporar la tecnología en el área rural, promoviendo la integración socio económico cultural en beneficio de la población estudiantil, médico y comercial y otros.

1.2. Planteamiento del Problema.

El acceso a los servicios multimedia representa una gran dificultad para las poblaciones en el área rural, ya sea por la poca capacidad o importancia que las empresas de

telecomunicaciones dan a estos sectores, es en este sentido que realizaremos el estudio de la investigación.

1.2.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Sera necesaria la implementación de una red de Fibra Óptica de arquitectura GPON - FTTH para la prestación de servicios de alta velocidad, en la población de Achacachi provincia Omasuyos del departamento de La Paz?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General

Sistema de arquitectura GPON, para ofrecer servicios de alta velocidad FTTH en el municipio de Achacachi del departamento de La Paz, gestión 2019.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Estudiar la situación actual de la demanda de los servicios multimedia del Municipio de Achacachi.
2. Diseñar las características técnicas de la arquitectura Gpon, para su futura implementación en el Municipio de Achacachi.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación social

Las telecomunicaciones en un país en vías de desarrollo contribuyen al bienestar de la sociedad en su conjunto al proporcionar una infraestructura de calidad, que sea accesible a todos los sectores.

En los centros de educación de la comunidad estudiantil de Achacachi, carecen de Internet en los centros de enseñanza, herramienta que es parte imprescindible en la actualidad para desarrollar las nuevas demandas laborales y mantenerse actualizado con el mundo. Por lo que el estudiante queda arraigado a condiciones poco ventajosas en relación con la población urbana, por lo cual muchos migran a las ciudades para capacitarse.

La comunicación e información entre áreas rurales y ciudades para efectos educativos, permitiría crear nexos directos entre estudiantes del área rural y urbana de las ciudades capitales, contribuyendo al área rural en su desarrollo económico social.

1.4.2. Justificación Técnica

El diseño de la red de prestación de servicios de telecomunicaciones a través de la arquitectura GPON - FTTH. Permitirá enlazar la comunicación físicamente entre la red nacional de telecomunicaciones con la población de Achacachi y brindar los servicios de alta velocidad (Multimedia).

1.4.3. Justificación Económica

El presente diseño es económicamente viable ya que “según el censo oficial realizado en 2012, El municipio de Achacahi cuenta con una población 46.058 habitantes, lo que la convierte en el quinto municipio más poblado del Departamento de La Paz (después de El Alto, La Paz, Viacha y Caranavi). Achacachi está situado a 97 Km de la ciudad de La Paz y se encuentra a una elevación de 3.840 metros sobre el nivel del mar. Su área

urbana cuenta con 8.857 habitantes, concentrado el 20 % de la población total del municipio" (Wikipedia, 2018).

Por estas características el presente diseño puede ser una gran oportunidad para recuperar la inversión que se planea realizar en esta población, no solo por su distancia a la ciudad de La Paz sino también la población que esta tiene.

1.4.4. Justificación Académica

De acuerdo al plan curricular que se tiene en la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones se considera el aporte de las siguientes materias:

- ELT-671 Fibra Óptica
- ELT-551 Telecomunicaciones II
- ELT-562 Laboratorio de Telecomunicaciones II

1.4.5. Justificación Jurídica

En nuestra legislación se tiene en nuestra normativa suprema como es la Constitución Política del Estado que en su artículo 20 parágrafo 1 y 2 indica lo siguiente:

Artículo 20. I. Toda persona tiene derecho al acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, electricidad, gas domiciliario, postal y telecomunicaciones.

II. Es responsabilidad del Estado, en todos sus niveles de gobierno, la provisión de los servicios básicos a través de entidades públicas, mixtas, cooperativas o comunitarias. En los casos de electricidad, gas domiciliario y telecomunicaciones se podrá prestar el servicio mediante contratos con la empresa privada. La provisión de servicios debe responder a los criterios de universalidad, responsabilidad, accesibilidad, continuidad,

calidad, eficiencia, eficacia, tarifas equitativas y cobertura necesaria; con participación y control social.

1.5. Delimitación.

1.5.1. Delimitación Temática.

Comprende beneficiar a la población de Achacachi en su conjunto brindando para ello los beneficios de la fibra óptica, con la implementación de la arquitectura GPON - FTTH.

1.5.2. Delimitación Temporal.

El presente trabajo de la memoria técnica se desarrollará en el tiempo de tres meses, considerando la actual infraestructura existente para la instalación de la OLT, en la población de Achacachi.

1.5.3. Delimitación Espacial.

La presente investigación se desarrollará en el Área Rural de la provincia Omasuyos del departamento de La Paz.

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

2.1. Nodo

En informática y en telecomunicación, de forma muy general, un nodo es un punto de intersección, conexión o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar (Oliván, 1997).

2.2. Internet

En la figura 2.1 se puede ver gráficamente la red de redes que al hablar de internet nos estamos refiriendo al conjunto de ordenadores repartidos por todo el mundo inter conectados entre sí. Es decir, hablamos de la red mundial que engloba a todos los ordenadores conectados.

FIGURA 2. 1: INTERNET
Fuente: https://www.curiosfera.com/quien-invento-internet-historia/

En internet se pueden encontrar ordenadores de todos los gobiernos, organizaciones, empresas e incluso hogares de todo el planeta.

De forma similar a las llamadas de teléfono que se puede realizar desde nuestra casa a cualquier otro teléfono del mundo, con internet se comunican con ordenadores distantes utilizando la línea telefónica (CURSO DE INFORMATICA PERSONAL - INTERNET, 1999).

2.3. Dial-up

Dial-up es el acceso a Internet a través de una línea telefónica y un módem. El módem marca hacia un nodo de proveedor de servicios de Internet y se conecta a un módem allí. La mayoría de la gente no utiliza esta tecnología ya, aunque no hace mucho tiempo, era el único método disponible.

En la figura 2.2 podemos ver la forma de conexión al servicio de internet mediante Dial-up. Las velocidades a las que se accedían son enormemente más lentas que el ancho de banda proporcionado por la banda ancha, lo cual explica por qué la mayoría de los usuarios de Internet prefieren la tecnología más moderna. Hoy los módems dial-up técnicamente tienen una velocidad de transferencia máxima de 56 kilobits por segundo, pero por lo general sólo proporcionan 40 a 50 kbps.

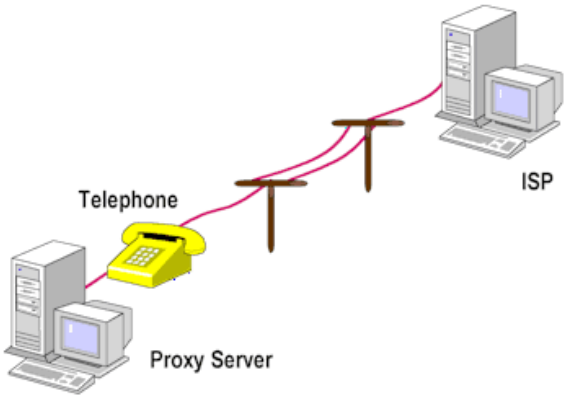


FIGURA 2. 2: DIAL UP
Fuente: Conexiones de Internet – 2012

La velocidad de conexión es determinada por la infraestructura y la cantidad de personas que lo están utilizando. Las líneas de abonado digital, una tecnología donde el gran ancho de banda se proporciona a través de líneas telefónicas, logran transmitir de 128 kbps a 1,5 megabits por segundo, y el cable y el satélite son mucho más rápidos (Geniolandia, 2018).

Esta tecnología se encontraba funcionando en Entel aproximadamente en los años 2000 hasta el año 2010 aproximadamente siendo el inicio del internet con esta tecnología.

2.4. ADSL

ANF A2986 16:24:21 28-02-2002 ECO ENTEL INTERNET ENTEL lanza al mercado servicio de Internet ágil La Paz, 28 feb (ANF). - Con la finalidad de asegurar una conexión ágil, este jueves la Empresa Nacional de Telecomunicaciones lanzó públicamente la oferta de Internet ágil ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica), el servicio ya está en funcionamiento desde noviembre. ENTEL-ADSL brinda la posibilidad de navegar por la red de Internet en forma ilimitada durante las 24 horas del día, y simultáneamente hablar por teléfono y recibir y emitir fax, por un costo fijo mensual que va desde 64 hasta 210 dólares por mes, informó el gerente de Marketing de la telefónica, Gustavo Molina. El Internet de banda ancha con velocidades de hasta 512

kilobits por segundo (kpps) garantiza la navegación rápida y la bajada de documentos ágilmente. ADSL ofrece servicios a uno o varios usuarios al mismo tiempo, todos a gran velocidad, puntualizó el ejecutivo al indicar que el servicio está disponible de inmediato en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz con "las mejores ofertas del país". Para acceder a este servicio el cliente debe contar con una línea fija de ENTEL, la empresa provee el equipo de conexión, explicó el Gerente de Marketing. Los requerimientos técnicos para los clientes es una computadora PC con procesador Pentium o equivalente de 100 Mhz o superior, el sistema operativo Windows 95, 98 y 2000 NT, una memoria RAM de 32 Mbits, una tarjeta Ethernet de 10/100 base T y 100 Mbits de espacio en disco duro disponible. ENTEL-ADSL ofrece dos planes con descuento especial, el personal para velocidades de hasta 128 kpps con tarifa plana de 64 dólares por mes, incluye el descuento promocional por lanzamiento. El comercial tiene dos ofertas con precios de 109 y 210 dólares mensuales con posibilidades de conectar por lo menos diez computadoras simultáneamente al Internet. El costo de instalación es 100 dólares, pero por promoción ENTEL ofrece el descuento del 50 por ciento. Esta propuesta estará vigente por un mes, hasta el 31 de marzo. El nuevo servicio ofrece muchas ventajas, no sólo técnicas y de agilidad para navegar en el ciberespacio y en la bajada de archivos pesados en forma rápida, sino también de descuentos adicionales por pago anticipado y por el número de servicios que contraten los clientes (AGENCIA DE NOTICIAS FIDES, 2002)[1].

2.5. FTTH

Fibra Óptica Al Hogar, o según sus siglas en inglés FTTH (Fiber To The Home), es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en la utilización de cableado de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos para la provisión de servicios de Internet,

[1] 28 de febrero 2002 - Lanzamiento ENTEL (ADSL)

Telefonía IP y Televisión (IPTV) a hogares, negocios y empresas. FTTH es una tecnología que gradualmente se va incorporando en los servicios de Internet para hogares ofreciendo mayor velocidad, disponibilidad de contenidos y de mejor calidad. Como así también, preparando a las casas del futuro para la recepción de novedosos servicios y aplicaciones de valor agregado, tales como el video en demanda, los canales HD o el almacenamiento en la nube (Iptel, 2016).

La Empresa Nacional de Telecomunicaciones, ENTEL S.A., ha lanzado sus servicios en telecomunicaciones, internet televisión y telefonía, a través de Fibra Óptica que llegará hasta los hogares bolivianos.

El Gerente General informó que el lanzamiento de la Fibra Óptica de ENTEL (FTTH) permitirá disponer de internet desde 2 hasta 20 Mbps para el hogar y hasta 50 Mbps para empresas, planes de TV, telefonía fija por pulso o por minuto desde Bs. 10 mensuales, telefonía VOZIP, que permite llamadas gratuitas entre teléfonos del mismo plan y telefonía móvil post pago desde Bs. 30, que incluyen 20 minutos libres, 300 MB para internet móvil, 30 SMS y 120 MB para WhatsApp[2].

En la figura 2.3 se puede apreciar los servicios que se pueden ofrecer con el servicio FTTH como son la voz sobre protocolo de internet, IPTV (Televisión por Protocolo de Internet). Estos y muchos otros servicios ya que por su gran capacidad de ancho de banda es posible dar todo tipo de servicios multimedia.

[2] 28 de abril 2017- Lanzamiento ENTEL (FTTH)

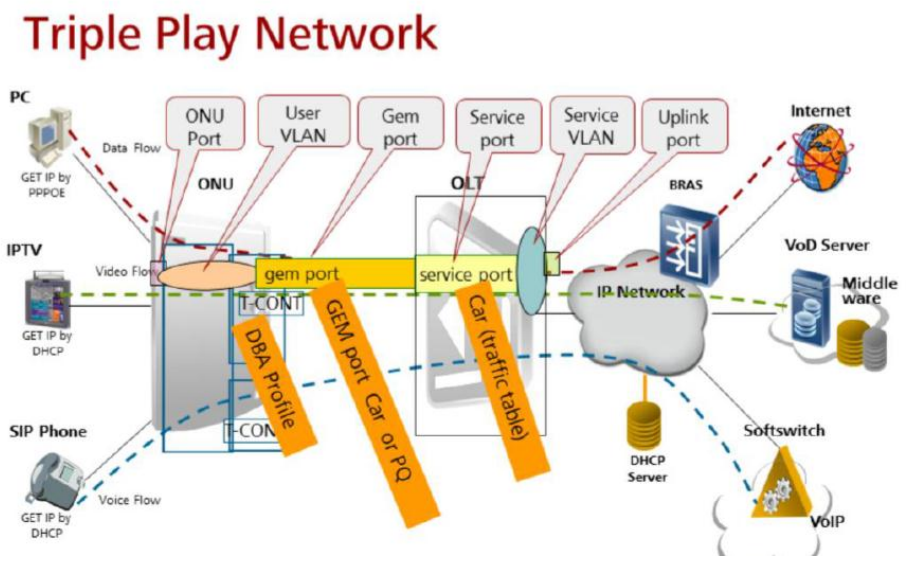


FIGURA 2. 3: SERVICIOS - TRIPLE PLAY
Fuente: Presentación – Huawei

2.6. Fibra óptica.

La fibra óptica es un medio de transmisión, empleado habitualmente en redes de datos y telecomunicaciones, consiste en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser un láser o también diodo led.

Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de la radio y superiores a las de un cable convencional. Son el medio de transmisión por cable más avanzado, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, y también se utilizan para redes locales donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros Medios de transmisión (WIKIPEDIA, 2018).

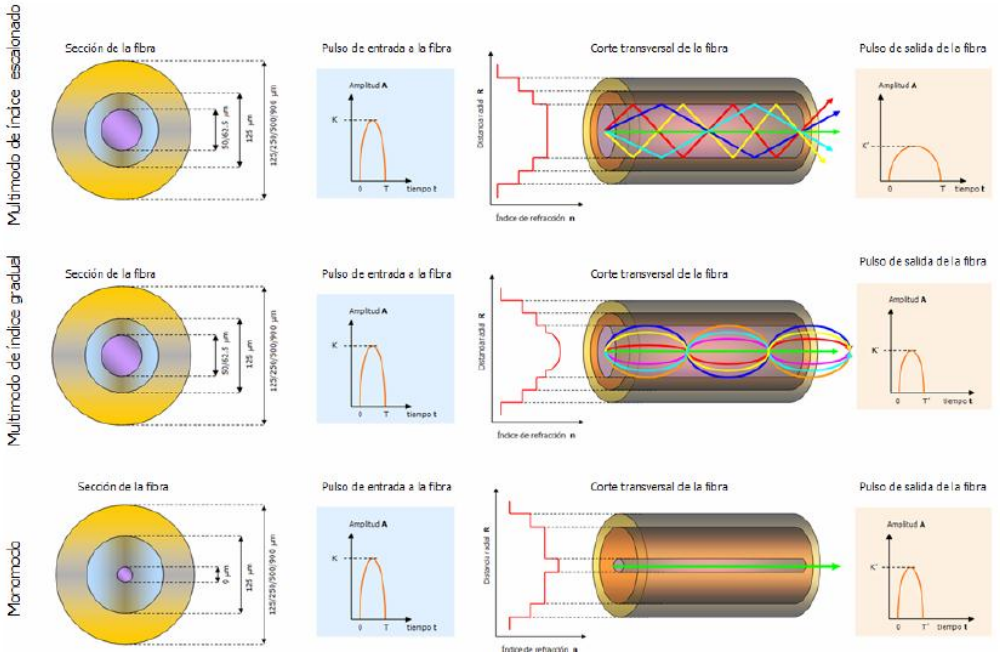


FIGURA 2. 4: COMPARATIVA ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE FIBRA ÓPTICA
Fuente: JESÚS GALEANO CORCHERO - PROYECTO FIN DE CARRERA – 2009

En la figura 2.4 se pueden apreciar los tipos de fibra óptica que se utilizan para la transmisión de servicios.

2.6.1. Diferencias entre cables de fibra óptica monomodo y multimodo

La optoelectrónica ha revolucionado el mercado y cambiado la manera en la que nos conectamos, alcanzando hasta 100 Gbps, la transmisión de datos es casi instantánea gracias a los haces de luz que viajan a lo largo de la fibra.

La fibra óptica basa su velocidad en la rapidez con la que estos haces de luz viajan de un punto a otro transportando la información.

Los cables de fibra óptica monomodo y los de fibra óptica multimodo: Ambos tienen un conducto en el centro llamado núcleo a través el cual la luz viaja en línea recta o rebotando en las paredes del revestimiento, un material óptico que hace rebotar la luz.

2.6.2. Fibra Óptica monomodo

El diámetro del núcleo suele estar comprendido entre 1 y 10 micrómetro y el del revestimiento en torno a 125 micrómetro. El diámetro de la fibra es similar a la longitud de onda, de manera que solo un rayo o "modo" puede viajar a través de ella. Esta solución proporciona un gran ancho de banda, pero está sujeta a una gran atenuación. Son más caras que las fibras ópticas multimodo y emplean en enlaces de larga distancia y en los que se requiera una elevada velocidad de flujo.

En la figura 2.5 se puede observar las características del cable de fibra óptica monomodo.

FIGURA 2. 5: FIBRA ÓPTICA -MONOMODO
Fuente: BEYONDTECH-2017

2.6.3. Hay dos tipos de cable monomodo:

OS1 monomodo: OS (Fibra óptica monomodo) puede ser usado en interiores y la distancia en la que puede ser desplegado es de máximo 2.000 metros.

El beneficio es permite tener desde 1 hasta 10 gigabits de Ethernet.

OS2 mono modo: Está diseñado para todos los usos, haciéndolo más que adecuado para exteriores.

La distancia en la que puede ser desplegado varía entre 5.000 a 10.000 metros. Esto permite desde 1 a 10 gigabits de Ethernet.

Los OS1 y OS2 son cables de larga distancia debido a su poca capacidad para doblarse

2.6.4. Fibra Óptica multimodo

Esta es la fibra “doméstica” y en contraste con la fibra monomodo, permite que los haces de luz reboten en las paredes del cadding o revestimiento, esto tiene unos resultados particulares una mayor cantidad de haces de luz viajando al mismo tiempo a través del núcleo. En comparación con la fibra monomodo, el núcleo del multimodo mide desde 50 a 62.5 micrómetros, concediendo más espacio para que la data viaje.

El revestimiento de 125 micrómetros hace que la luz viaje a través de la fibra. La fibra multimodo es usada para redes de conexión locales, centros de datos de edificio a edificio y para Fiber To The Home (Fibra Hasta el Hogar).

Diferencia en cuanto a la velocidad la fibra multimodo puede alcanzar hasta los 100Gbps de Ethernet. Como se puede apreciar en la figura 2.6

FIGURA 2. 6: FIBRA OPTICA - MULTIMODO
Fuente: BEYONDTECH-2017

En la figura 2.7 se puede apreciar las diferentes variedades de fibra óptica que se tienen y sus características operativas.

FIGURA 2. 7: TIPOS DE FIBRA ÓPTICA
Fuente: Categoría de desempeño de un cableado óptico KLINE 2019

2.6.5. Ventajas de la fibra óptica

Mayor ancho de banda y mayor velocidad: El cable de fibra óptica soporta un ancho de banda y una velocidad extremadamente altos. La gran cantidad de información que se puede transmitir por unidad de cable de fibra óptica es, indiscutiblemente, su mayor ventaja.

2.6.5.1. Bajo costo:

Se pueden producir varias millas de cable de fibra óptica a un costo más bajo comparado con la misma cantidad en longitudes de cable de cobre. Asimismo, con la afluencia de numerosos proveedores que compiten por la cuota de mercado, es muy probable que el precio del cable óptico disminuya.

Más delgada y ligera: La fibra óptica es más delgada y se puede emplear en diámetros más pequeños que el alambre de cobre. Además, es de menor tamaño y de peso más liviano, lo que facilita la instalación en lugares donde el espacio es un inconveniente.

2.6.5.2. Mayor capacidad de carga:

Dado que las fibras ópticas son mucho más delgadas que los alambres de cobre, es posible combinar más fibras en un cable de cualquier diámetro. Lo anterior permite que más líneas telefónicas pasen por el mismo cable o que más canales pasen a través del cable a su receptor de televisión por cable.

2.6.5.3. Menor degradación de la señal:

La pérdida de señal en la fibra óptica es menor que en el cable de cobre.

Señales de luz: A diferencia de las señales eléctricas transmitidas por cables de cobre, las señales de luz de una fibra no interfieren con las de otras fibras en el mismo cable de fibra. Esto se traduce en conversaciones telefónicas más claras o en una mejor recepción de TV (Televisión).

2.6.5.4. Vida útil prolongada:

Las fibras ópticas generalmente tienen un ciclo de vida más largo. Aproximadamente de más de 100 años.

2.7. Desventajas de la fibra óptica.

2.7.1. Baja energía.

Las fuentes de emisión de luz están confinadas a una potencia baja. Si bien existen emisores de alta potencia que mejoran el suministro de energía, ello supondría un costo adicional.

2.7.2. Fragilidad.

La fibra óptica es bastante frágil y más vulnerable a los daños en comparación con los alambres de cobre. Es mejor no torcer o doblar los cables de fibra óptica.

Distancia: La distancia entre el transmisor y el receptor debe ser corta. En caso contrario, se necesitarán repetidores para aumentar la señal (FS.COM, 2018).

2.8. Redes de tecnología PON (Red Óptica Pasiva).

Una red óptica pasiva (del inglés Passive Optical Network, conocida como PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter). La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en las redes FTTH (WIKIPEDIA, 2017).

2.8.1. APON (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network).

Fue la primera red que definió la FSAN, un grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas.

APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbit/s que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas. En canal descendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM (Operaciones de capa física, Administración y mantenimiento) para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento.

Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbit/s que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbit/s.

2.8.2. BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).

Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbit/s fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:

Tráfico asimétrico: canal descendente -> 622 Mbit/s // Canal ascendente -> 155 Mbit/s.

Tráfico simétrico: canal descendente y ascendente -> 622 Mbit/s.

No obstante, presentaban un coste elevado y limitaciones técnicas.

2.8.3. GPON (Gigabit-capable PON).

ITU-T G.984. Está basada en BPON en cuanto a la arquitectura, pero además ofrece:

Soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM, Cobertura hasta 20 km.

Seguridad a nivel de protocolo.

Soporte de tasas de transferencia:

Simétrico: 622 Mbit/s y 1.25 Gbit/s.

Asimétrico: descendente-> 2.5 Gbit/s // ascendente -> 1.25 Gbit/s

2.8.4. EPON (Ethernet PON).

Fue definido en 2004 por el grupo EFM (Ethernet First Mile) del IEEE EPON, también llamado GEPON (Gigabit Ethernet PON), está desplegado ampliamente en Japón y proporciona tasas se datos simétricos de 1 Gbps en ambas direcciones US/DS (Upstream/Downstream).

Una de las ventajas más importantes de EPON es el uso de protocolos de transporte Ethernet nativos. Ethernet asíncrono de bajo costo ha sido desplegado en las redes de datos extendidas por años y, hay economías de escala significantes asociadas con componentes GbE tales como interfaces ópticas. La naturaleza asíncrona de Ethernet permite que los equipos de red basados en Ethernet sean mucho más baratos en comparación con los equipos basados en ATM o SONET, cuya característica principal es el sincronismo.

EPON está basado en el estándar IEEE 802.3ah. También denominado EFM (Ethernet in the First Mille). Algunas características de importancia son:

• Combina los protocolos de transporte Ethernet con topologías de redes PON punto a multipunto.

• Incluye mecanismos para la operación, administración y mantenimiento de redes.

• Soporta operación CoS (Class of Service) para transportes de datos sensitivos al tiempo tales como video donde las tramas del video deben entregarse en secuencia y a tiempo para prevenir fallas visibles.

• Soporta TDM usando servicios de emulación de circuitos.

2.8.5. GPON (Gigabit Passive Optical Network).

El grupo FSAN inició un proceso para estandarizar las redes PON a fin de que operen a velocidades de datos superiores a 1 Gbps. Aparte de la necesidad de soportar tasas de datos más altos, el protocolo completo tuvo que ser abierto por la consideración ya expuesta, de manera que la solución fuera óptima y eficiente para el soporte de servicios

múltiples, funcionalidad OAM (Operation Administration and Maintenance) y escalabilidad.

Como resultado, surgió GPON, que está basada en el estándar previo ITU-T BPON, pero tiene muchas similitudes con EPON. Introducida en el 2003 como ITU-T G.984, GPON usa una nueva capa de transporte nativa GEM (G-PON encapsulation method) que soporta protocolos de transporte "nonativo" incluyendo ATM, Ethernet y TDM. La intención original era ampliar el soporte y la aceptación del mercado mediante el soporte de múltiples protocolos, pero el efecto añadirá complejidad a aquellos sistemas que no requieren mantener protocolos adicionales.

Una característica clave es la tasa de datos DS (Downstream) de 2.5 Gbps y la tasa de datos US (Upstream) de 1.25 Gbps, posibilitando transmisiones simétricas y asimétricas.

2.8.6. Ventajas de GPON.

- Permite conexiones de fibra de hasta 20 Km entre el OLT y el ONT. Esto es una gran ventaja ya que las antiguas conexiones xDSL sólo alcanzaban como máximo los 5,5 Km y la velocidad de la conexión caía rápidamente al incrementar la distancia. Este es el motivo por el que aquellos usuarios que vivían lejos de la centralita sufrían una penosa conexión en comparación con la velocidad contratada con su ISP (proveedor de internet).

- Anchos de banda muy grandes que permiten alcanzar hasta los 2.4 Gbps de bajada y 1.2 Gbps de subida. El incremento de velocidad respecto a las conexiones xDSL es notable.

- También se pueden alcanzar los 2.4 Gbps simétricos, pero se utiliza el 2.4/1.2 Gbps.

- No necesita equipos intermedios activos entre el OLT y el ONT. Simplifica mucho el despliegue de la fibra y permite tipologías de red mucho más sencillas y baratas. Recuerda que los splitters son elementos pasivos.

- Gran reducción de costes para el operador porque se permite el envío de muchos servicios a la vez por una misma conexión de fibra. Gracias a la multiplexación podemos enviar simultáneamente:

Voz (teléfono VoIP)
Datos (Internet)
TV y vídeo (Multicast). Podemos enviar televisión digital en alta definición (IPTV), vídeo bajo demanda (VOD), broadcast analógico mediante RF (Radio Frecuencia). QoS (Quality of Service) para garantizar que cada usuario y cada servicio funcionen correctamente.

- Seguridad: la información en una red de fibra viaja cifrada mediante un encriptado AES (Advanced Encryption Standard).

- La operativa y el mantenimiento para las operadoras es también más sencillo ya que GPON cuenta con gestión remota del equipo del usuario (ONT), descarga de actualizaciones, parámetros de funcionamiento (Josan, 2017).

2.8.7. Desventajas de GPON.

Realmente las ventajas son mayores que los inconvenientes, aunque también las tiene.

- Los instaladores deben tener cuidado con los empalmes mecánicos para no sufrir pérdidas y atenuaciones. Necesitan personal especializado.

- Cuidado con los conectores sucios o dañados porque pueden originar muchos problemas.

- Identificar y corregir la reflexión tanto en el canal descendente (downstream desde el OLT al ONT del usuario) como en el ascendente (upstream desde el ONT hasta la centralita con el OLT).

- No podemos colocar el hardware que queramos. Con la líneas xDSL podíamos comprar el router neutro que quisiéramos y colocarlo. En las conexiones de fibra el ONT debe estar registrado en la OLT y no cualquier hardware. Por eso es necesario obtener las claves de configuración para poder instalar el hardware que queramos.

2.8.8. MULTIPLEXACION.

La multiplexación consiste en combinar dos o más canales de información en uno solo. Hay muchos tipos de multiplexación, pero GPON utiliza WDM (Wavelength División Multiplexing) y quiere decir multiplexación por división de longitud de onda, es decir, multiplexa o superpone varias longitudes de onda en una sola fibra usando un haz de luz láser o LED.

WDM es bidireccional y los datos de subida (upstream) y los de bajada (downstream) comparten la misma fibra, en nuestro caso enviaremos datos, voz y vídeo simultáneamente.

En la figura 2.8 se puede observar cómo los paquetes viajan en una red PON en el modo de subida utilizada **“Downstream”**.

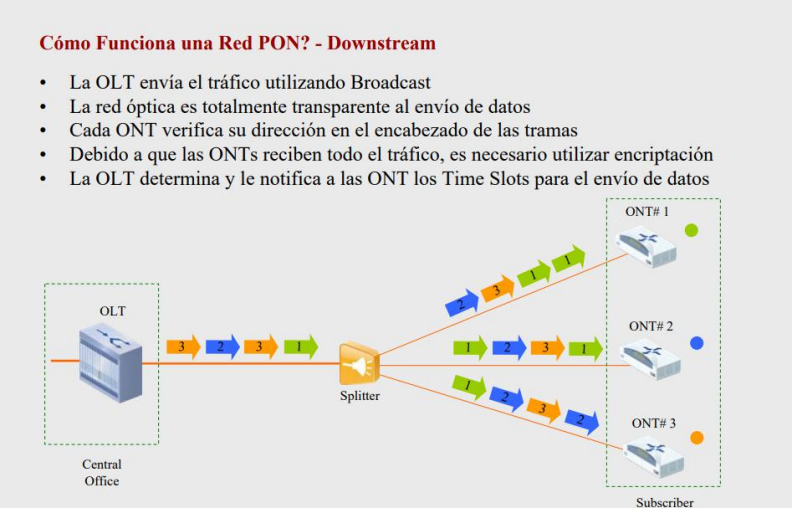


FIGURA 2. 8: FUNCIONAMIENTO RED PON - DOWNSTREAM
Fuente: Ing. Miguel Lattanzi- Redes FTTx

- Los paquetes son transmitidos desde el OLT en modo broadcast TDM (Time División Multiplexing).

- En TDM siempre se está emitiendo con un periodo temporal fijo, independientemente de que haya datos disponibles o no.

- Todos los datos se transmiten a todas las ONTs y los splitters se limitan a replicar los datos.

- Cada ONT filtra los datos y se queda sólo con los que van dirigidos a su usuario. El resto de los datos son desechados porque corresponden a otros abonados.

- Los datos van cifrados para que una ONT no pueda leer los datos de otro usuario.

En la figura 2.9. Se puede observar el modo de subida utilizada **"Upstream**" en una red GPON, donde describiremos como viajan los paquetes.

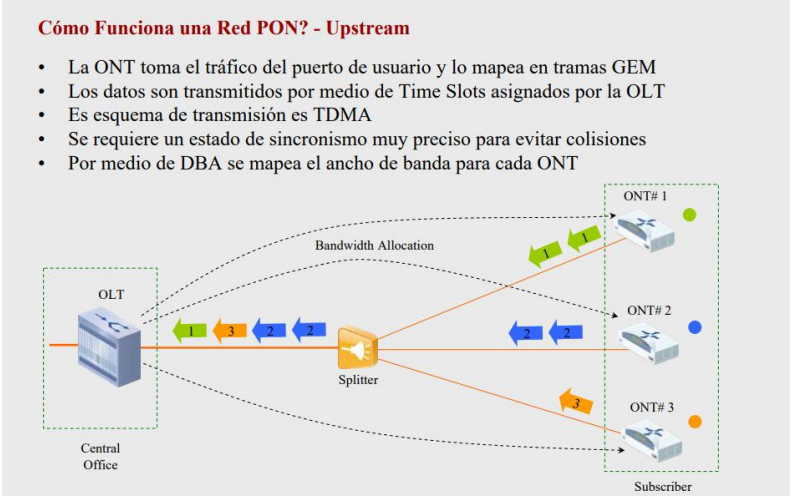


FIGURA 2. 9: FUNCIONAMIENTO RED PON - UPSTREAM
Fuente: Ing. Miguel Lattanzi- Redes FTTx

- Los paquetes son enviados por el ONT en modo TDMA (Time División Múltiple Access).

- Los datos van desde el ONT de cada abonado al OLT de la operadora. Los datos de todos usuarios se juntan en el splitter.

- En TDMA el ONT sólo se transmite cuando es necesario para que no se produzcan colisiones al enviar los datos al OLT.

- El OLT es el que indica al ONT cuándo debe emitir para que no se produzcan estas colisiones y debe saber la distancia de todas las ONTs para tener en cuenta el tiempo de llegada de cada una.

En la figura 2.10. Se observa que para cada servicio se tiene una diferente VLAN para determinado servicio, esto evita que se tenga congestión en la red y solo los usuarios que contrataron un determinado servicio lo tengan ya que está configurada su VLAN para tal requerimiento.

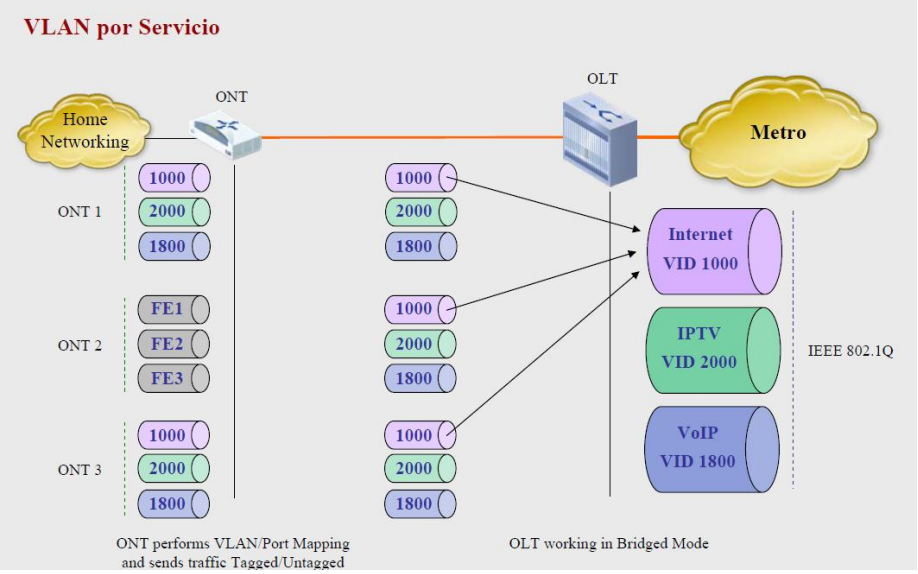


FIGURA 2. 10: VLAN POR SERVICIO
Fuente: Redes FTTx (Conceptos y Aplicaciones)

En la figura 2.11 se puede observar el acceso a varios servicios como es la telefonía e internet comunicándose para ello a una red metro para interconectarse a un equipo OLT que posteriormente este los distribuye a los diferentes clientes a través de su equipo ONT

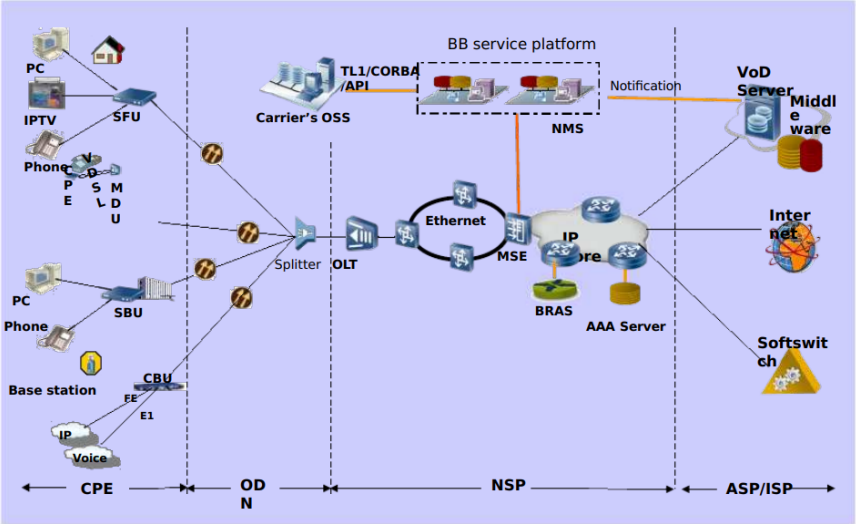


FIGURA 2. 11: ACCESO A LOS SERVICIOS DE BANDA ANCHA - GPON
Fuente: HUAWEI – TRAINING

2.8.9. Implementación Multicast

GPON es una tecnología punto a multipunto, en el que todos los usuarios reciben la misma información, pero sólo se quedan con la que está dirigida a ellos. Si dos usuarios piden el mismo canal de televisión, ¿para qué voy a enviarlo dos veces si los usuarios reciben toda la información?

Multicast es un protocolo de red utilizado para la difusión de televisión, debido a que optimiza los flujos de datos a través de la red. No confundir con el servicio de video bajo demanda. Este protocolo, está integrado en las ONTs, OLT y decodificadores.

El estándar GPON se ha diseñado para que una parte de la trama GPON esté dedicada al tráfico multicast, de tal manera que sea accesible por todos los usuarios. Esta es la manera de conseguir enviar una sola copia de cada canal independientemente de los usuarios que la estén solicitando.

2.9. REDES FTTX

La Fibra Óptica ha demostrado ser la tecnología más importante para las redes de Telecomunicaciones de próxima Generación, proporcionando plataformas de conectividad de alta o ultra alta velocidad. No sólo las redes de acceso fijo se benefician de las soluciones por Fibra óptica, también las redes inalámbricas, especialmente las relacionadas con el aumento de la capacidad de interconexión entre POPs (Punto de Presencia) de los Operadores.

Tanto la implantación de Redes fibra Óptica como la multitud de soluciones que incluyen las partes activas de la red, el despliegue y funcionamiento, la gestión, facturación y control de suscriptores además del gran reto de superar la competencia de las soluciones coaxiales o basadas en cobre, implican un gran cambio para los operadores. Las Tecnologías de cobre y coaxial continúan desarrollándose y exprimiendo más y más el ancho de banda (Lozano, TELEMEDICIONES, 2017).

En la figura 2.12 se pueden ver los diferentes tipos de redes FTTX las cuales explicaremos a continuación.

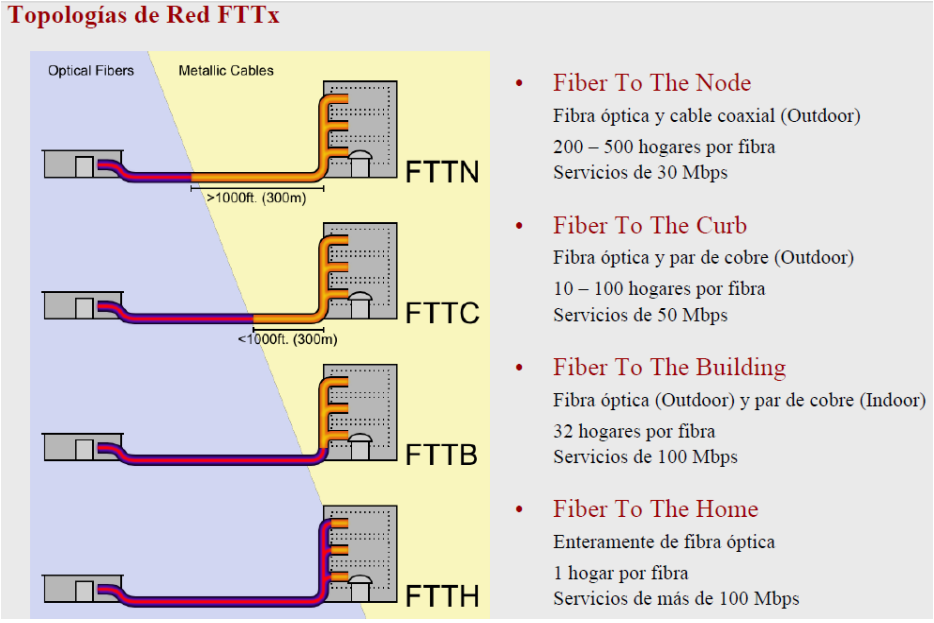


FIGURA 2. 12: TIPOS DE REDES - FTTX
Fuente: Cámara de Informática y Comunicaciones de la República Argentina-Redes FTTx

2.9.1. Fibra a la casa (FTTH) Fiber to The Home.

Cada abonado está conectado por una fibra dedicada a un puerto en el POP, o a un divisor Óptico Pasivo, utilizando una fibra compartida mediante tecnología Ethernet (EPON) o Giga Ethernet GPON en caso de topología punto a multipunto.

2.9.2. Fibra al edificio (FTTB) Fiber to The Building.

Cada caja de terminación óptica en el edificio (a menudo ubicada en los sótanos, está conectado por una fibra dedicada a un puerto en el equipo en el POP, o a un puerto óptico de los splitters que utilizan la fibra alimentadora que es compartida en el POP. Las conexiones entre los abonados y el sótano del Edificio no son de fibra, pero pueden ser de cobre y suponen algún tipo de transporte Ethernet adecuado al medio disponible en el cableado vertical. En algunos casos, los abonados están conectados individualmente al POP, pero lo hacen sobre una cadena o estructura de anillo para utilizar las fibras existentes desplegadas en topologías particulares.

2.9.3. Fibra al Armario (FTTC) Fiber to the Curb.

Cada multiplexor de acceso de DSL (DSLAM), encontrado a menudo en un armario ubicado en la calle, está conectado al POP a través de una sola fibra o un par de fibras, llevando el tráfico agregado del barrio a través de una conexión Gigabit Ethernet o 10 Gigabit Ethernet. La conmutación interna del Gabinete de calle no es óptica, pero puede ser basada en cobre VDSL2. Esta arquitectura se denomina “Active Ethernet” ya que requiere elementos de red activos en el campo.

2.9.4. Fibra a la Antena (FTTA) Fiber to the Antenna.

Reemplaza el cable coaxial que llega a las antenas de los proveedores de servicio Celular.

2.10. Niveles de una red FTTH

La estandarización referente a los niveles estructurales y funcionamiento de una red FTTH no están definidas, excepto a nivel físico. Sin embargo, el modelo común llamado OSI, se constituye en el utilizado por algunas empresas. La Comisión Sueca de Tecnología de la información (Swedisth TI-Commission), recoge un diseño de niveles estructurales de forma vertical, el más utilizado por los diseñadores de redes de FTTH y que es el utilizado en el presente trabajo como se puede observar en la figura 2.13.

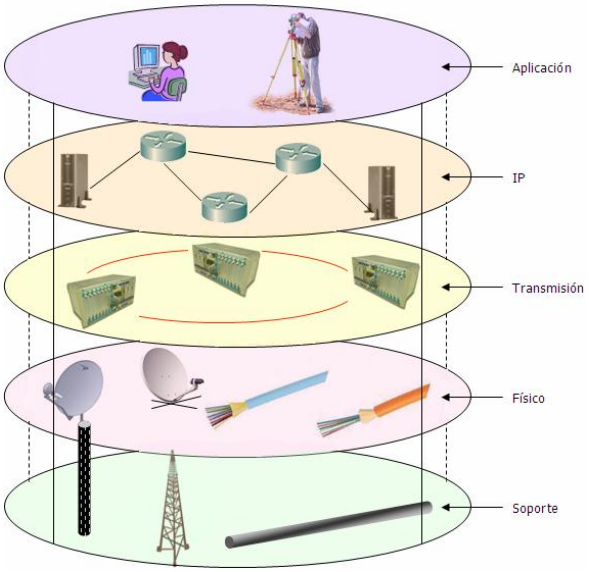


FIGURA 2. 13: NIVELES ESTRUCTURALES DE UNA RED FTTH
Fuente: JESÚS GALEANO CORCHERO - PROYECTO FIN DE CARRERA – 2009

- **Nivel de aplicación:**

Este nivel es el más cercano al usuario final y considerado como último. En él se incluyen los equipamientos, es decir el hardware, software y la información descifrada.

- **Nivel IP:**

Hace referencia al servicio de forma global de Internet ofrecido por el operador de red hasta el usuario final, en los que quedan definidos las tablas de enrutamientos entre usuarios.

- **Nivel de transmisión:**

En este nivel se recogen todas las conexiones lógicas por encima del nivel físico y permiten la comunicación entre los nodos, es decir hacen referencia a la transmisión, así como a un correcto funcionamiento de los canales de tráfico que conforman la red.

2.11. LONGITUD DE ONDA.

En la figura 2.14 se puede apreciar la longitud de onda que es la distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos es lo que llamamos longitud de onda. Las ondas de agua en el océano, las ondas de aire, y las ondas de radiación electromagnética tienen longitudes de ondas.

La letra griega "l" (lambda) se utiliza para representar la longitud de onda en ecuaciones. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda. Una longitud de onda larga corresponde a una frecuencia baja, mientras que una longitud de onda corta corresponde una frecuencia alta.

La longitud de ondas de las ondas de sonido, en el rango que los seres humanos pueden escuchar, oscilan entre menos de 2 cm (una pulgada), hasta aproximadamente 17 metros (56 pies). Las ondas de radiación electromagnética que forman la luz visible tienen longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros (luz morada) y 700 (luz roja) nanómetros (10-9 metros).

La frecuencia y longitud de onda de una onda están relacionadas entre sí mediante la siguiente ecuación:

$$l = c / f$$

donde "**l**" es la longitud de onda, "**c**" es la velocidad de la onda, y "**f**" es la frecuencia. Para la luz y otras ondas electromagnéticas que viajan en el vacío, c = 299 792.458 km/seg (186,282 millas/seg), la velocidad de la luz. Para las ondas de sonido que se desplazan por el aire, c es aproximadamente 343 metros/segundos (767 millas/hora) (Russell, 2006).

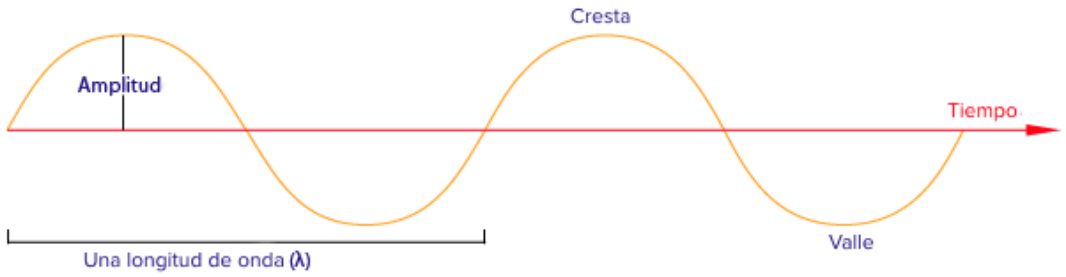


FIGURA 2. 14: LONGITUD DE ONDA
Fuente Khan Academy

Por lo general, para la transmisión de la información en redes de operador se suelen utilizar la segunda y la tercera ventana, que corresponde con los 1.300 y 1.500 nanómetros, utilizando fibras monomodo.

Esto hace que, dependiendo del operador y tecnología, se utilice una frecuencia u otra para transmitir los datos por ejemplo, en la frecuencia de los 1500 nm, podríamos crear 80 Lambdas (en función de frecuencias cercanas).

Ahora bien, cuando nos vamos a una tecnología de fibra de DWDM (monomodo), diferente por ejemplo a las tecnologías de la red FTTH que es una red GPON, es donde podemos aplicar el uso de la diferenciación de Lambdas.

En la tecnología DWDM se utilizan unos equipos (por ejemplo, de fabricantes como Fibernet, ADVA o Transmode) que emiten un haz de luz sobre un prisma que lo incluye en la fibra. Cada haz de luz que envía el Laser de estos equipos va en una frecuencia diferente, con una Lambda diferenciada y esto es lo que hace que puedas tener varios canales en una misma fibra.

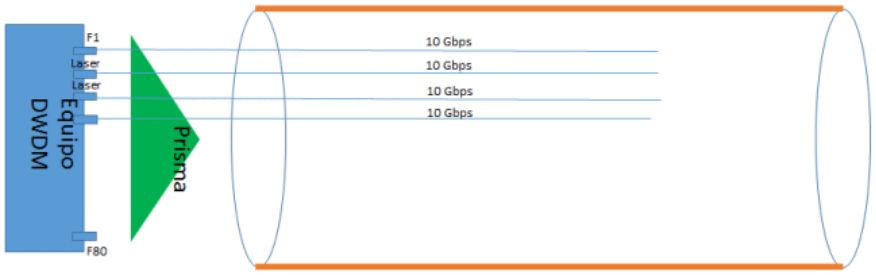


FIGURA 2. 15:ENVIÓ DE INFORMACIÓN EN DIFERENTES LAMBDAS
Fuente: De la Red a la Nube

En la figura 2.15. que antecede se puede observar las diferentes portadoras o lambdas que se pueden enviar por la fibra óptica.

Así, cuando nos indicaban que tenían por ejemplo 10 Lambdas de 10 Gbps cada una, lo que realmente tienes es un equipo que propaga 10 Haces de luz con una frecuencia distinta o lambda, (aquí es donde se hace el parecido de que este haz de luz va con diferentes colores en función de la frecuencia que se irradie) dentro de una misma fibra, consiguiendo 10 canales diferenciados de 10 Gbps cada uno sobre la misma fibra.

Por otro lado, si vamos a una tecnología de FTTH sobre una red GPON, lo que tenemos en este caso es una Lambda única sobre la que va toda la información y se fracciona en intervalos de tiempo (TDM, Time Division Multiplexing) por cliente para que la información de clientes vaya separada, por eso en una red, cuando se pide el servicio FTTH se incluye una ONT, que es el aparato que obtiene solo la información del cliente

y no la de los demás, ya que sobre la fibra (con una única Lambda) se propaga toda la información de los clientes (es un medio compartido) (De La Red a La Nube, 2016).

2.12. ATM Modo de Transferencia Asíncrona.

El modo asíncrono (ATM, "Asynchron ous Transfer Mode"), también conocido como retransmisión de celdas, es conceptualmente similar a la técnica de retransmisión de tramas ("frame relay"). Ambas técnicas presentan fiabilidad y fidelidad para ofrecer una conmutación de paquetes más rápida que X.25 en aplicaciones digitales modernas. ATM es incluso más funcional que la retransmisión de tramas, pudiendo admitir velocidades de transmisión varios órdenes de magnitud superior.

La terminología modo de transferencia, indica que ATM es una técnica de transporte de telecomunicaciones, un método por el cual, la información puede ser transferida (enrutada y transportada) desde un lado de la red a otro. El asíncrono distingue la técnica de las técnicas de transferencia síncrono y cuasi síncrono.

El modo de transferencia síncrona (STM) es un método usado en alta velocidad de sistemas de transmisión (tales como Jerarquía Síncrona Digital, SDH, o Redes Ópticas Síncronas, SONET) En una técnica de transferencia síncrona, la capacidad de línea (bitrate), está estructurada en patrones estrictamente regulares y repetidos. Así un sistema de línea de transmisión SDH de 155 Mbit/s, por ejemplo, es actualmente compuesta de una trama de 2430 bytes (correctamente 2430 octetos), repetidos 8000 veces por segundo. No hay vacíos entre las tramas, así la misma parte de la trama puede ser esperada en el mismo lugar cada 125 microsegundos. El sistema es Síncrono (SANCHEZ, 1999).

En la figura 2.16 Se puede observar cómo la información de video, voz y Datos viajan por este medio de transmisión ATM:

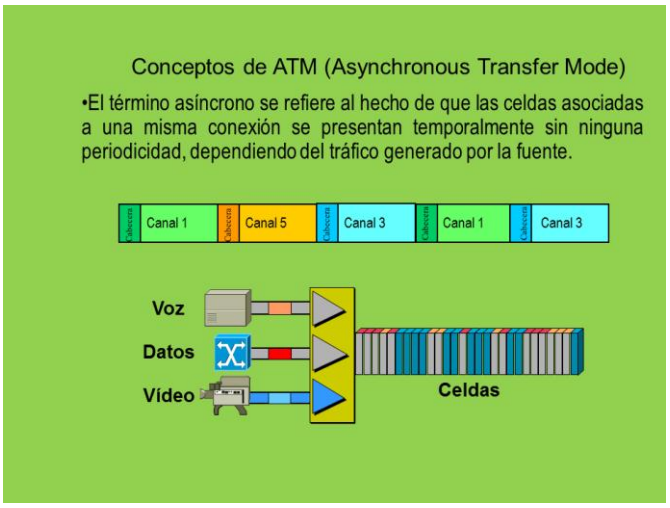


FIGURA 2. 16:TRANSMISION DE VOZ, DATOS Y VIDEO
Fuente: https://pondalpar109.wordpress.com/2010/11/04/42/

2.12.1. TOPOLOGÍA ATM

Con tecnología ATM se consigue crear una red de transporte de banda ancha de topología variable. Es decir, en función de las necesidades y enlaces disponibles, el administrador de la red puede optar por una topología en estrella, malla, árbol, etc. con una configuración libre de enlaces (E1, E3, OC-3). La gran ventaja es la indiscutible capacidad de adaptación a las necesidades que ATM puede ofrecer. Una empresa puede empezar a desarrollar su red de transporte de banda ancha en base a unas premisas de ancho de banda y cobertura obtenidas a raíz de un estudio de necesidades. La evolución de las aplicaciones puede conducir a que una de esas premisas quede obsoleta y que se necesite una redefinición del diseño. En este caso, el administrador dispone de total libertad para cambiar enlaces o añadir nodos allí donde sea necesario.

En la figura 2.17 Se encuentra la estructura de la Celda ATM donde podemos encontrar las estructuras de datos de 53 bytes compuestas por dos campos principales:

- Header.
- Payload.

El estándar define el protocolo orientado a conexión que las transmite y dos tipos de formatos de celdas.

- NNI (network to network interface o interfaz red a red) el cual se refiere a la conexión de switches ATM en redes privadas.
- UNI (user to network interface o interfaz usuario a red) se refiere a la conexión de un swuitch ATM de una empresa pública o privada con una terminal ATM de un usuario normal, siendo este el más utilizado.

Las cabeceras del estándar ATM

- GFC (control de flujo genérico)
- UPI (identificador de ruta virtual)
- PT (tipo de información de usuario).
- CLP (prioridad).
- HEC (corrección de error de cabecera).
- VCI: (Identificador de canal virtual)
- VPI: (Identificador de ruta virtual)

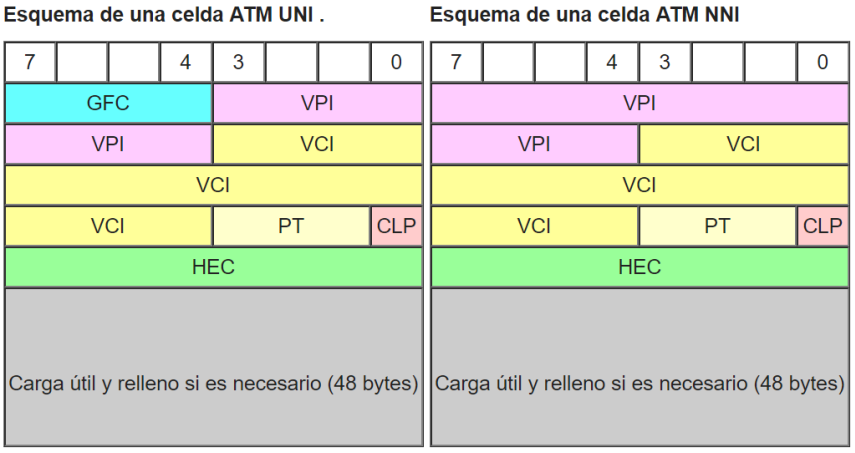


FIGURA 2. 17:ESTRUCTURA DE UNA CELDA-ATM
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Modo_de_transferencia_as%C3%ADncrona

2.13. Protocolo punto a punto (PPP)

El protocolo punto a punto (PPP) proporciona un método estándar para el transporte de datagramas multiprotocolo a través de enlaces punto a punto. PPP se compone de tres componentes principales:

- Un método para encapsular datagramas multiprotocolo.
- Un protocolo de control de enlace (LCP) para establecer, configurar y probar la conexión de enlace de datos.
- Una familia de Protocolos de control de red (NCP) para establecer y configurar diferentes protocolos de capa de red.

2.13.1 PPPoE

PPPoE es un protocolo que usa las ventajas de la encapsulación PPP y el medio Ethernet.
La conexión se realiza en 2 fases, fase de descubrimiento y fase de sesión Una parte de la conexión es el servidor y la otra el cliente.

2.13.2. Fase de descubrimiento (PPPoED)

Cuando un equipo desea establecer una sesión PPPoE, debe primero efectuar una fase de descubrimiento (PPPoED) para identificar la dirección MAC del otro extremo y establecer un identificador de sesión PPPoE. En la fase de descubrimiento, un equipo cliente descubre a un servidor PPPoE, denominado habitualmente Concentrador de Acceso. Según la topología de la red, puede haber más de un Concentrador de Acceso. La fase de descubrimiento permite al cliente identificar a todos los Concentradores de Acceso y seleccionar uno de ellos. La fase de descubrimiento se divide en cuatro partes:

2.13.3. PADI (PPPoE Active Discovery Initiation).

El cliente envía un paquete de inicio a toda la red (paquete de broadcast), indicando los servicios que espera recibir.

2.13.4. PADO (PPPoE Active Discovery Offer):

El concentrador de acceso, si puede satisfacer los servicios requeridos, envía al cliente un paquete de oferta, indicando los servicios que ofrece.

2.13.5. PADR (PPPoE Active Discovery Request):

El cliente elige, de entre todos los Concentradores de Acceso que han enviado ofertas, aquél que mejor se ajusta a sus necesidades y envía a dicho concentrador un paquete de solicitud de establecimiento de sesión.

2.13.6. PADS (PPPoE Active Discovery Session-confirmation):

El concentrador de acceso recibe la solicitud de establecimiento de sesión y envía un paquete de confirmación de sesión, indicando el identificador de la sesión establecida. A partir de este momento comienza la fase de sesión.

2.14. Fase de sesión

Una vez que la fase de descubrimiento se ha completado correctamente, tanto el cliente como el Concentrador de Acceso tienen la información necesaria para construir su conexión punto a punto sobre Ethernet. En la fase de sesión las tramas intercambiadas entre los dos extremos corresponden a las de una sesión PPP, con la particularidad de que dichas tramas van encapsuladas sobre tramas Ethernet.

- **Nivel físico:**

  Contiene todo lo que involucra los cables ópticos, microcables, fibras ópticas, fibra oscura y antenas transmisoras; es el nivel que abarca la infraestructura física por donde viaja la información. La fibra óptica debe tener un período de vida mecánico similar al de los hilos.

  Estos requerimientos futuros implican una mayor vida útil a la red para futuras planificaciones e incrementos de nuevos servicios.

- **Nivel de soporte:**

  Es el nivel más bajo de la red física, también denominado nivel de conductos. Incluyen todos los conductos, especificando sus dimensiones estándar, estructuras de antenas, materiales de red, entre otros, con un periodo mínimo de vida de 50 años.

  El propietario de la red es el encargado de este nivel, ya que es el que invertirá en materiales que deben alcanzar las fechas de planificación a largo plazo. Gran parte de este nivel pertenece al diseño físico de una red FTTH.

CAPITULO III

3. Análisis para el diseño

3.1. OPTIX OSN 8800.

El Optix OSN 8800 de Huawei es un producto de capacidad de transmisión de 40 Gbps / 100 Gbps ampliamente utilizado que se aplica en redes WDM/OTN troncales y metropolitanas, que se utilizan principalmente en las industrias de energía, finanzas, gobierno, medios de comunicación, transporte.

Es una plataforma orientada al futuro que adopta tecnologías líderes en la industria, tales como 100 Gbps, OTN, POTS/MS-OTN y SD-FEC de segunda generación. Ofrece ROADM integrado, cross-conexión eléctrica a nivel de T-bits, funciones de protección y acceso para todos los servicios de 100 Mbps a 100 Gbps y una solución de transmisión de OTN/WDM de extremo a extremo para lograr redes de transmisión completamente transparentes, de gran capacidad y con múltiples servicios (HUAWEI, s.f.).

En la figura 3.1 se encuentra el equipo Optix OSN 8800 con el que se realizan las comunicaciones capa 2 DWDM en se encuentran sus especificaciones técnicas.

FIGURA 3. 1: OPTIX OSN 8800 -DWDM
Fuente: HUAWEI – PRODUCTOS

3.1.1 CARACTERISTICAS TECNICAS EQUIPO OSN 8800:

- Capacidad de 19,2 Tbit/s en una sola fibra para admitir el ancho de banda masivo. Admite velocidades de línea de 100Gbps/200Gbps y transmisión híbrida con 10 Gbps; el ancho de banda se puede actualizar sin problemas.

- Admite cualquier servicio de 100 Mbit/s a 100 Gbit/s sobre una misma red, así como la entrega de servicios de extremo a extremo, y optimiza el uso del ancho de banda y la eficacia de la configuración.

- Admite esquemas integrales de decisión en software (SDFEC y SDFEC2) y decisión en hardware (HFEC) para cumplir los diversos requisitos de transmisión de largo alcance.

- El equipamiento y los servicios de alta fiabilidad con protección 1 + 1 permiten que la redes ASON (Red óptica con conmutación automática) eléctricas y ópticas puedan combinarse para evitar múltiples cortes de fibra, lo que garantiza un 99,9999 % de disponibilidad.

En la figura 3.2 donde se puede observar en la gestión U2000 el enlace DWDM de FO. Que viaja desde la ciudad de La Paz y pasa previamente por Huarina y posteriormente este se enlaza a Achacachi, donde a la vez se pueden distinguir la interconexión que se tiene entre los equipos OSN 8800 y los equipos OSN 1800.

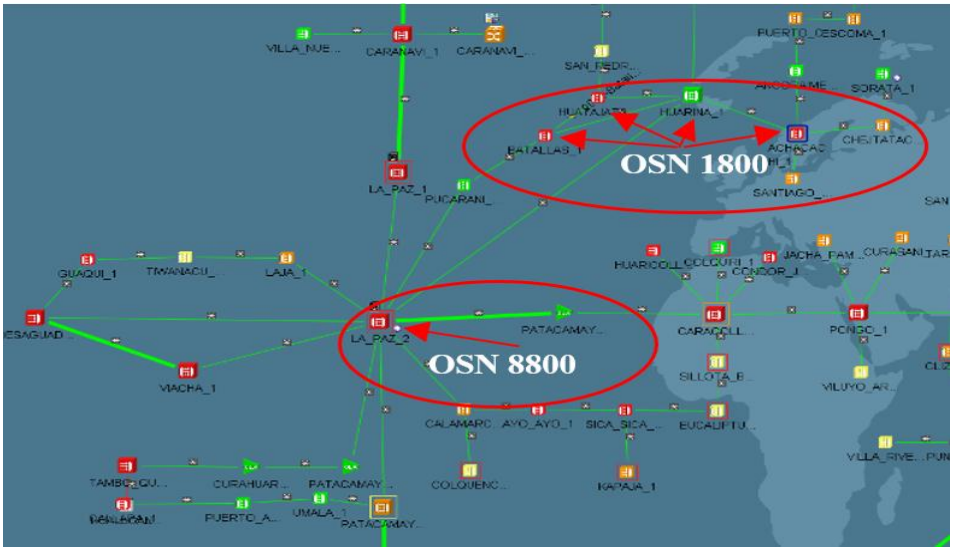


FIGURA 3. 2: ENLACE DE FO. DWDM -GESTION U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.3 se encuentra gráficamente extraído de la gestión U2000 el equipo OSN 1800V el cual se planea interconectar con el equipo OLT 5600 Huawei este equipo tiene la función de llevar los datos por la red DWDM el mismo cuenta con tarjetas

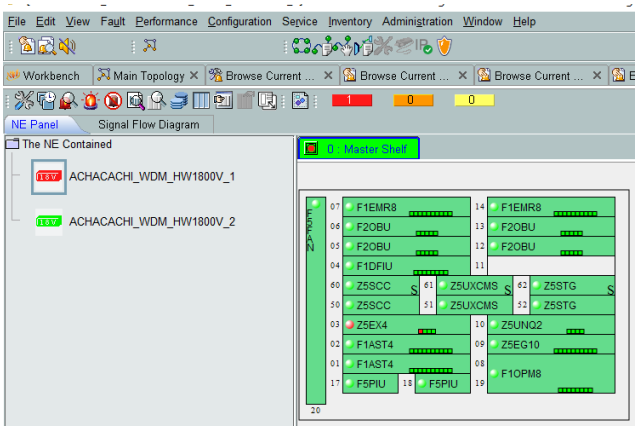


FIGURA 3. 3: EQUIPO OSN 1800V ACHACACHI - GESTION U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

3.2. OPTIX OSN 1800.

Huawei es una serie de equipos de transmisión MS-OTN de arquitectura tipo caja que admite servicios de TDM, paquetes y OTN sobre una red metropolitana o una red óptica de área de campus. Permite proporcionar múltiples servicios de elevado ancho de banda (de 2 Mbit/s a 100 Gbit/s) con menor coste.

Admite transmisión resiliente de vídeo con baja latencia, aplicaciones de automatización industrial en tiempo real y aplicaciones multimedia basadas en servidor; proporciona soluciones de transporte rentables para redes eléctricas, el sector de la salud, las redes de área de almacenamiento (SAN), los Data Centers y la vigilancia por vídeo.

3.2.1. CARACTERISTICAS TECNICAS EQUIPO OSN 1800V:

- Configurable con hasta 8 canales de CWDM como también 80 canales de longitudes de onda DWDM, conmutación unificada de paquetes con acceso y conmutación de OTN, y mejoras en el uso del ancho de banda.

- Admite E1/E3/T3/FE/GE/10GE/100GE/STM-N/SAN para acceso de terminales, interconexiones de Data Centers y transmisión de largo alcance.

- Dispositivos de 1 U/2 U/5 U de altura con arquitectura tipo caja que admiten la instalación en armarios de 19 o 23 pulgadas o en paredes o postes.

- Bajo consumo de energía; disponible con alimentación de CA o CC.

3.3. DWDM.

Es el acrónimo, en inglés, de Dense Wavelength Division Multiplexing, que significa multiplexado denso por división en longitudes de onda. DWDM es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

3.3.1. Funcionamiento DWDM.

Es un método de multiplexación muy similar a la Multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos. Varias señales portadoras (Se transmiten por una única fibra óptica utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser en cada una de ellas. Cada portadora óptica forma un canal óptico que podrá ser tratado independientemente del resto de canales que comparten el medio (fibra óptica) y contener diferente tipo de tráfico. De esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar comunicaciones bidireccionales. Se trata de una técnica de transmisión muy atractiva para las operadoras de telecomunicaciones ya que les permite aumentar su capacidad sin tender más cables ni abrir zanjas. La DWDM está diseñada para transmisiones de larga distancia donde las longitudes de onda están compactadas. Los proveedores han descubierto diversas técnicas para comprimir 32, 64 o 128 longitudes de onda en una fibra. Cuando están reforzados por los amplificadores de fibra dopada con erbio (EDFA**),** un tipo de

potenciador del rendimiento para comunicaciones de alta velocidad, estos sistemas pueden funcionar a través de miles de kilómetros. Los canales densamente poblados no están libres de limitaciones. En primer lugar, se necesitan filtros de alta precisión para separar una longitud de onda específica sin interferir con las vecinas. Los filtros no son baratos. En segundo lugar, los láseres de precisión deben mantener los canales en el objetivo exacto. Esto casi siempre significa que estos láseres deben operar a una temperatura constante. Los láseres de alta precisión y alta estabilidad son muy costosos, como así también los sistemas de enfriamiento asociados.

Para transmitir mediante DWDM son necesarios dos dispositivos complementarios: un multiplexor en lado transmisor y un demultiplexor en el lado receptor. A diferencia del CWDM, en DWDM se consigue un mayor número de canales ópticos reduciendo la dispersión cromática de cada canal mediante el uso de un láser de mayor calidad, fibras de baja dispersión o mediante el uso de módulos DCM "Dispersion Compensation Modules". De esta manera es posible combinar más canales reduciendo el espacio entre ellos. Actualmente se pueden conseguir 40, 80 o 160 canales ópticos separados entre sí 100 GHz, 50 GHz o 25 GHz respectivamente. Está definido para la banda de 1530 – 1610 nm, espaciado entre canales de 0,8 nm y 1,6 nm.

CWDM	DWDM
Definida por longitudes de onda	Definida por frecuencias
Comunicaciones de corto alcance (50 a 80 km)	Transmisiones de larga distancia
Utiliza frecuencias de amplio espectro	Frecuencias angostas
Las longitudes de onda se diseminan	Longitudes de onda compactadas
Es posible la desviación de longitudes de onda	Se requieren láseres de precisión para mantener los canales dentro del objetivo
Divide el espectro en grandes trozos	Divide el espectro en pequeñas partes
La señal lumínica no está amplificada	Se puede utilizar señal lumínica amplificada

TABLA 3. 1:COMPARACIÓN ENTRE DWDM Y CWDM
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/CWDM

En la figura 3.4 se encuentra la comunicación DWDM de los equipos OSN 8800 ubicado en la ciudad de La Paz que se interconectan a través de fibra óptica hasta el equipo OSN 1800 que se encuentra en el municipio de Achacachi.

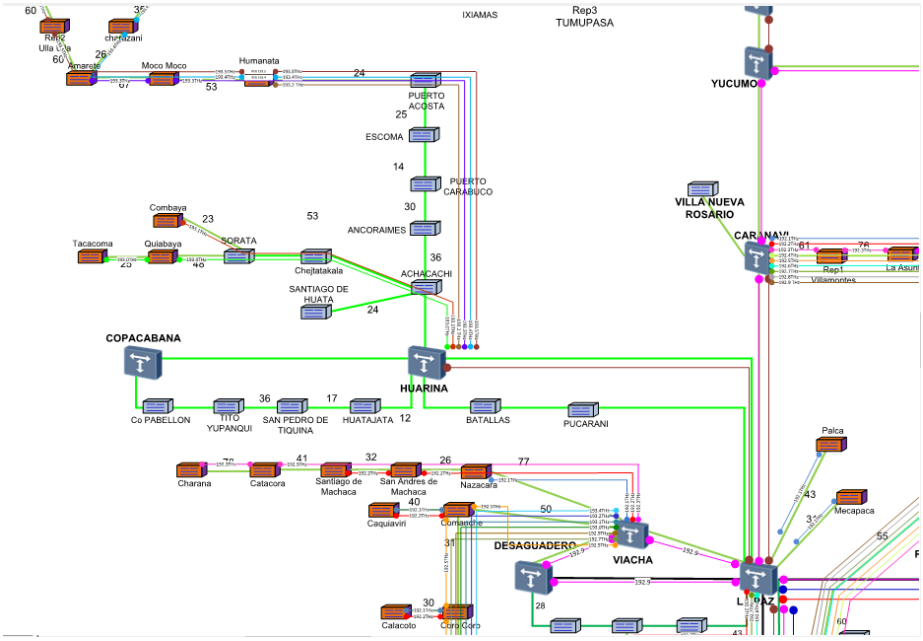


FIGURA 3. 4: RED DWDM – ENTEL
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.5 se puede observar la diferencia que existe entre ambas tecnologías entre las más importantes son:

3.3.1.1. VENTAJAS CWDM

- El costo del equipo es bajo.
- Puede reducir los costos operativos de la red.
- Puede significativamente mejorar la capacidad de transmisión de fibra óptica, mejorar la utilización de los recursos de la fibra.
- Tamaño pequeño y bajo consumo de energía.
- Buena flexibilidad y capacidad de ampliación.

3.3.1.2. VENTAJAS DWDM

Aparte del ancho de banda, las ventajas técnicas más convincentes de DWDM son las siguientes:

- Transparencia. Porque el DWDM es una arquitectura de nivel físico, que puede transportar transparentemente TDM y formatos de datos tales como ATM, Gigabit Ethernet.

- Escalabilidad. El DWDM puede hacer que la escasez de fibra en MAN y redes empresariales, permita cubrir rápidamente los aumentos de demanda de ancho de banda de los enlaces punto a punto o de los anillos SONET/SDH actuales.

- Aprovisionamiento dinámico. El aprovisionamiento rápido, simple y dinámico de las conexiones de red dan a los proveedores la posibilidad de suministrar servicios de banda ancha en días en vez de meses.

- En entornos DWDM metropolitanos, la elección de la arquitectura puede simplificar la operación y mantenimiento de la red.

- El láser viene a revolucionar las redes de comunicación, esta nueva forma de transmitir datos permite construir redes con distancias más largas. Se puede enviar información evitando el ruido ocasionado por electromagnetismo existente en comunicaciones electrónicas, y la interferencia en las comunicaciones inalámbricas. Facilita el construir redes más eficientes; la tecnología óptica también incrementa la capacidad de transmisión.

- Se debe trabajar con parámetros como la dispersión cromática, atenuación y la difracción, estos tres parámetros son los que se deben de conocer y cuidar cuando se trabaja con redes ópticas.

- La tecnología DWDM viene a resolver el problema de la capacidad de transmisión en redes ópticas, aunque antes de su descubrimiento existían protocolos de transmisión de información como SONET y SDH los cuales trabajan a alta velocidad, DWDM hace que se puedan transmitir varias de estas señales por un solo enlace de fibra óptica.

- Esta tecnología permite a los carríers, incrementar la capacidad de sus redes utilizando la infraestructura existente, sin tener que instalar más fibra, esto ayuda a reducir tiempos de implantación y una reducción tremenda en costos (SÁNCHEZ, 2005).

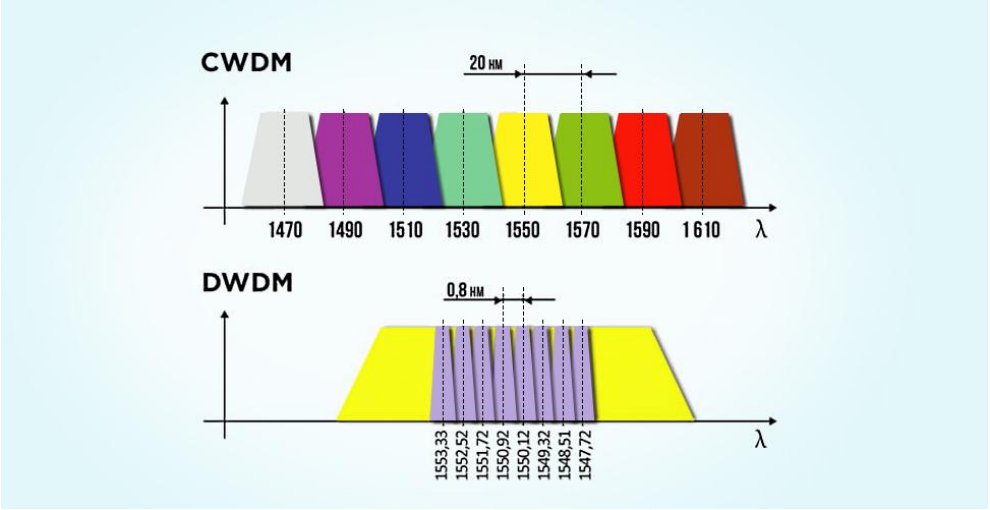


FIGURA 3. 5: DISTANCIA DE TRANSMISIÓN - LAMDAS - CWDM Y DWDM
Fuente: https://medium.com/@xxxamin1314/fundamentos-de-la-tecnología-wdm

3.3.2. ELECCION ENTRE CWDM o DWDM

La separación de canales entre longitudes de onda individuales transmitidas a través de la misma fibra sirve como referencia para definir CWDM y DW DM. Típicamente, el espaciamiento en los sistemas CWDM es de 20 nm, en cambio, la mayoría de los sistemas DWDM ofrecen hoy en día una separación de longitud de onda de 0,8 nm (100 GHz) según la normativa de la UIT. El número de canales (lambdas) disponibles en el mismo enlace se reduce significativamente a causa de la gran distancia entre los canales CWDM. Los componentes ópticos de interfaz no tienen que ser tan precisos como los componentes DWDM. Por ello, los equipos CWDM son mucho más económicos que los equipos DWDM.

Por lo general, los CWDM pueden extenderse hasta una distancia de 160 km. En caso de que haya que transmitir los datos a una distancia muy larga, la mejor opción es el sistema DWDM. El DWDM emplea una banda de longitud de onda de 1550 nm. Que puede ser amplificada, aumentando así la distancia de transmisión a cientos de kilómetros.

En términos generales, el sistema DWDM es mucho más provechoso para aquellos que requieren un mayor de ancho de banda. Por otro lado, el CWDM, pensado para aquellos que requieren de alternativas más económicas, ofrece una velocidad de conexión inferior a 10G y es indicado para distancias cortas. Además, es la tecnología más asequible actualmente, pues cuenta con una baja velocidad de transmisión de datos. En resumidas cuentas, cada sistema ofrece una “adaptación” única a la red OTN y ofrece la capacidad de complementarse en lugar de sustituirse (Juan, 2017).

En la figura 3.10 se observa el Pool de direcciones IP obtenidas del router Cisco ASR 9010 donde se puede observar la red 181.115.170.126 donde se utilizan 125 IP utilizadas con el protocolo PPPoE.

```
RP/0/RSP0/CPU0:LPZ-CE-SAN-JORGE-01#sh pool ipv4 name PPP_POOL_IPv4
Wed Nov 21 17:39:28.544 BOL

              Pool PPP_POOL_IPv4 Allocations
--------------------------------------------------

VRF: default
Pool Id: 0
Pool Scope: VRF Specific Pool
Prefix Length: 0

Used:          2366
Excl:             0
Free:            42
Total:         2408

Utilization:    98%


Range List:
-----------


Range Start        :  181.115.170.1
Range End          :  181.115.170.126
Default Router     :  0.0.0.0
Used Addresses     :  125
Excluded Addresses :  0
Free Addresses     :  1
Blocked            :  No



Range Start        :  181.115.191.1
```

FIGURA 3. 6: POOL DE DIRECCIONES IP CONFIGURADAS CISCO ASR 9010
Fuente: Elaboración propia

3.7. OPTIX RTN 950.

En la figura 3.11 se observa el enlace de radio el mismo se encuentra en el cerro de Achacachi este sería el enlace de comunicación cunado el enlace de fibra DWDM caiga por algún problema de corte de fibra. El sistema consiste en El IDU 950 y el ODU. Cada ODU está conectado al IDU 950 a través de un cable coaxial.

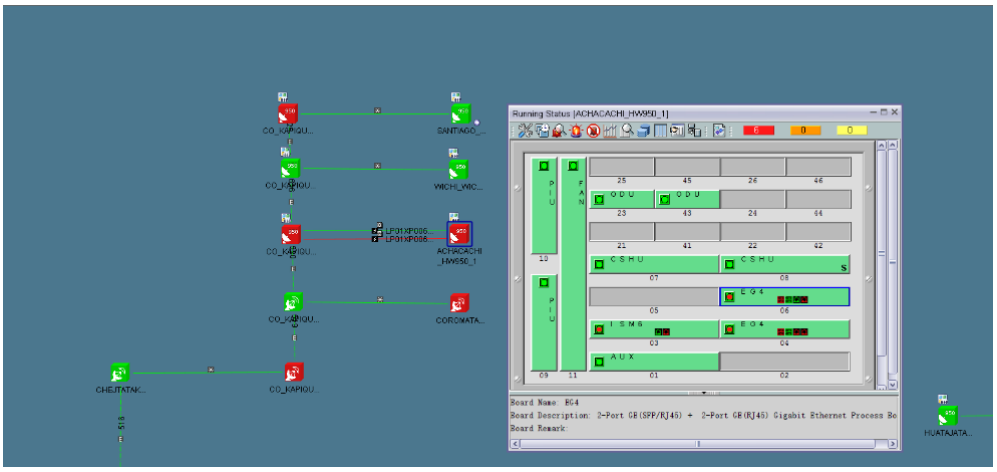


FIGURA 3. 7: EQUIPO DE RADIO ACHACAHI RTN 950 - GESTION U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

3.7.1. CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO RTN 950 HUAWEI

- SDH/microondas PDH El microondas SDH se refiere al microondas que transmite los servicios de SDH. El microondas PDH se refiere al microondas que transmite sólo los servicios PDH (principalmente los servicios E1).

- Microondas/paquete integrado de microondas IP El microondas/paquete integrado microondas IP (Radio IP integrada para corto) puede transmitir un tipo entre o una combinación de servicios de TDM nativos, servicios Ethernet nativos, y servicios de paquetes pwe3 (pseudo-wire) según la configuración del software. Por lo tanto, la radio IP integrada logra una actualización fluida desde el microondas híbrido hasta el microondas del paquete.

De igual manera se tiene el circuito de Radio que enlaza previamente con Cerro Kapique que vendría a ser un radio importante ya que según la figura 3.11 se conecta a otros radios enlaces más como son Wichi wichi y Chejtatakala los mismos generalmente adoptan el nombre de la población donde se encuentran.

Estos enlaces de Fibra Óptica y de Radio garantizaran los servicios Triple-play que se quiere implementar en Achacachi ya que por un corte de FO. El Radio Enlace garantiza actualmente los servicios de telefonía.

En la figura 3.12 se encuentra la OLT Central de la ciudad de La Paz, la misma se describirá a continuación:

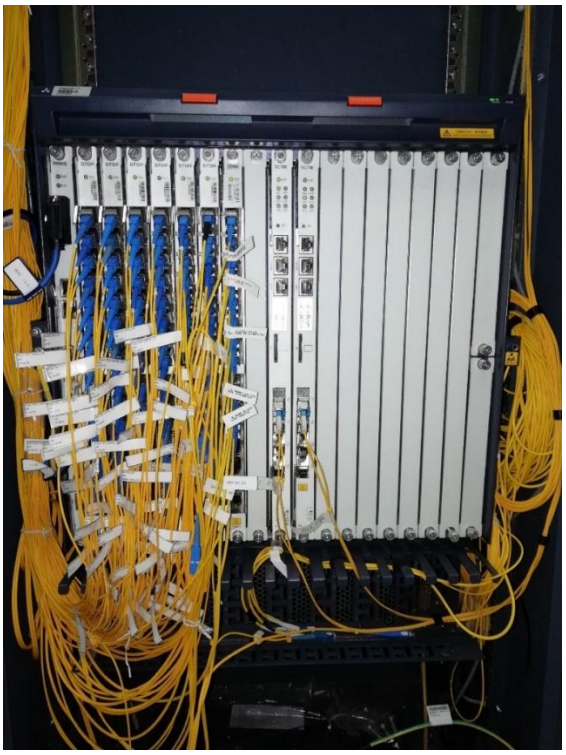


FIGURA 3. 8:OLT- MA5600T - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

3.8. SmartAX MA5600T Series OLTs.

Terminales de línea óptica de red óptica pasiva Gigabit (GPON) de portadora para redes de acceso y agregación a gran escala.

Los OLT de la serie SmartAX MA5600T combinan capacidades de agregación y conmutación de alto rendimiento, proporcionando una capacidad de backplane de 3,2 Tbit / s, capacidad de conmutación de 960 Gbit / s, direcciones MAC de 512 K y un máximo de 44 canales de 10 GE o 768 puertos de acceso a GE.

Reduce los costos de operación y mantenimiento (O&M) con las versiones de software para los tres modelos que son totalmente compatibles con los tableros de servicios; Reduce la necesidad de almacenar cantidades de repuestos.
En la figura 3.13 se encuentran las características físicas de la OLT MA5600T.

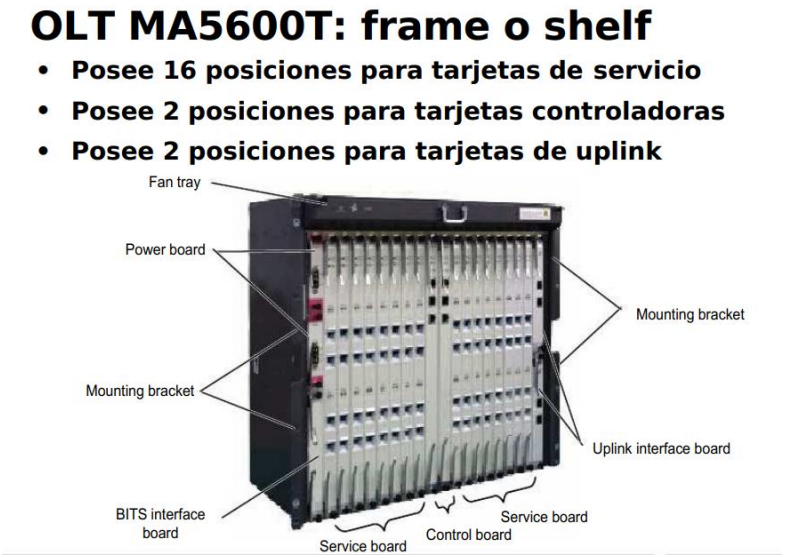


FIGURA 3. 9: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS OLT 5600
Fuente: Curso -Huawei

En la figura 3.14 se observa la tarjeta de servicios la misma dispone de 8 puertos y cada puerto tiene capacidad de hasta 64 clientes.

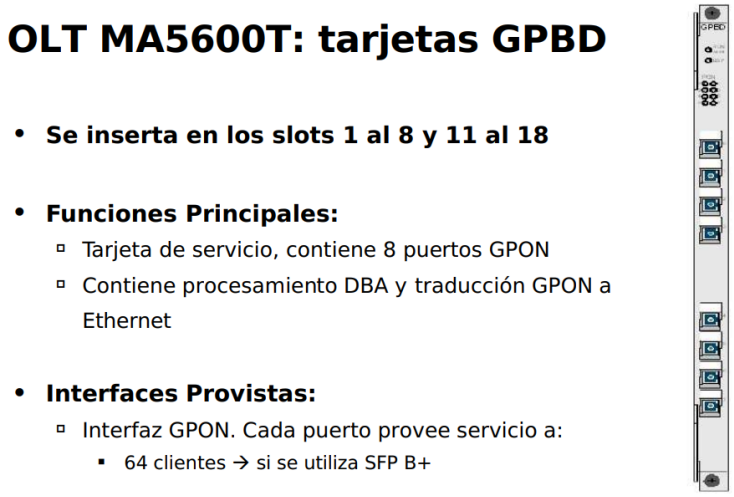


FIGURA 3. 10: CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA DE SERVICIO
Fuente: Curso -Huawei

En la figura 3.15 se observa la tarjeta de interconexiones hacia la red cisco o a la red de acceso DWDM

FIGURA 3. 11: CARACTERÍSTICAS TARJETA DE INTEGRACION
FUENTE: CURSO -HUAWEI

Appearance	MA5600T
(W/D/H) mm	490×275.8×447
Operating Environment	Temperature: -25°C to +55°C Relative Humidity (RH): 5% to 95%
Power Parameter	Supports -48 V DC power input, dual-power supply protection, and working voltage range of -38.4 V to -72 V.
Cabinet	Indoor: N63E-22, N66E-18 Outdoor: F01D500
configuration	control board: 2 Service board: 16 Universal Interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2
MTBF	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	3.2Tbit/s
Switching Capacity of the Control Board	SCUN/SCUK: 480Gbit/s (Standby mo SCUH: 960Gbit/s (Standby mode), 1 960Gbit/s
Access Capacity	• 128*10G GPON • 256*GPON • 768*GE/FE
Maximum uplink port (GIU)	• 4*GE • 4*10GE

TABLA 3. 2:CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO OLT- MA5600T - HUAWEI
Fuente: Huawei-SmartAX-MA5600T-Series-OLT-Brochure

3.8.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EQUIPO OLT MA5600T HUAWEI

- Alta confiabilidad: copia de seguridad en caliente de clúster de dos nodos de OLT, recuperación de desastres remota (DR), actualización sin problemas, calidad de servicio (QoS) y diseño de alta confiabilidad de extremo a extremo (E2E).

- Múltiples métodos de acceso: Incluye acceso a línea privada E1, TDM nativo (CESoP / SAToP), E-LAN y acceso de usuario a IPTV sin convergencia.

- Evolución simple: GPON, 10G PON y 40G PON comparten una sola plataforma, lo que permite una evolución sin problemas y admite el acceso de ultra ancho de banda y la pila dual IPv4 / IPv6.

- Diseño ecológico y energéticamente eficiente; Las tarjetas inactivas se apagan automáticamente, la función inteligente de velocidad del ventilador reduce aún más el consumo de energía de las tarjetas inactivas (HUAWEI - Luis Pozo, 2008).

Como se puede apreciar en la figura 3.16 se puede observar en la gestión U2000 que se tiene 11 OLT integradas a la gestión, para su gestión y monitoreo en la ciudad de La Paz.

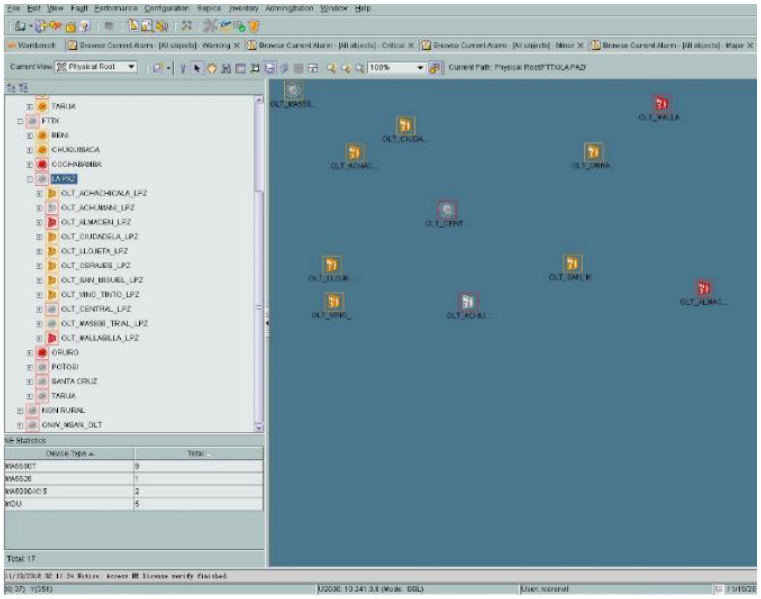


FIGURA 3. 12: OLT's LPZ - GESTIÓN U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.17 se observa en la gestión U2000 donde podemos visualizar la OLT de Alto Obrajes de la ciudad de La Paz donde podemos gestionar a los diferentes clientes

configurados en ella en las tarjetas GPBH la misma tiene 8 puertos, donde cada puerto tiene una capacidad de hasta 64 clientes teniendo por lo tanto de hasta 512 usuarios.

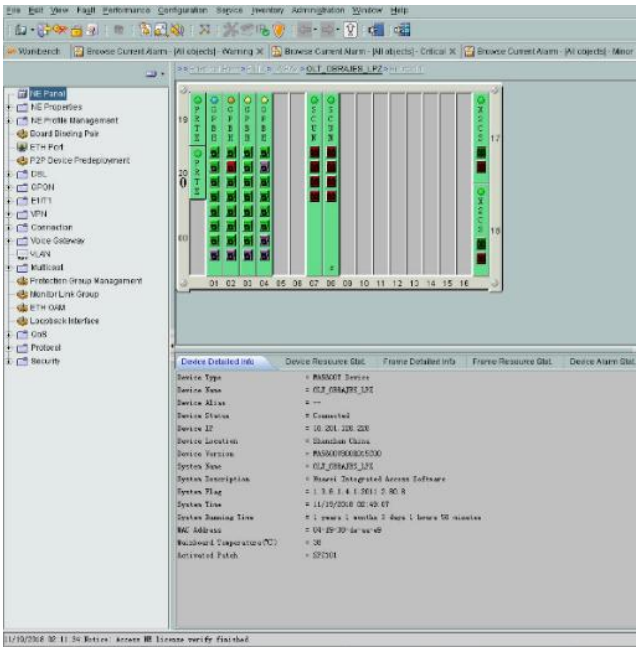


FIGURA 3. 13:OLT_OBRAJES - GESTIÓN U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.18 se observa en gestión U2000 la OLT de Obrajes de la ciudad de La Paz donde podemos ver los 8 puertos que tiene la tarjeta de servicio GPBH.

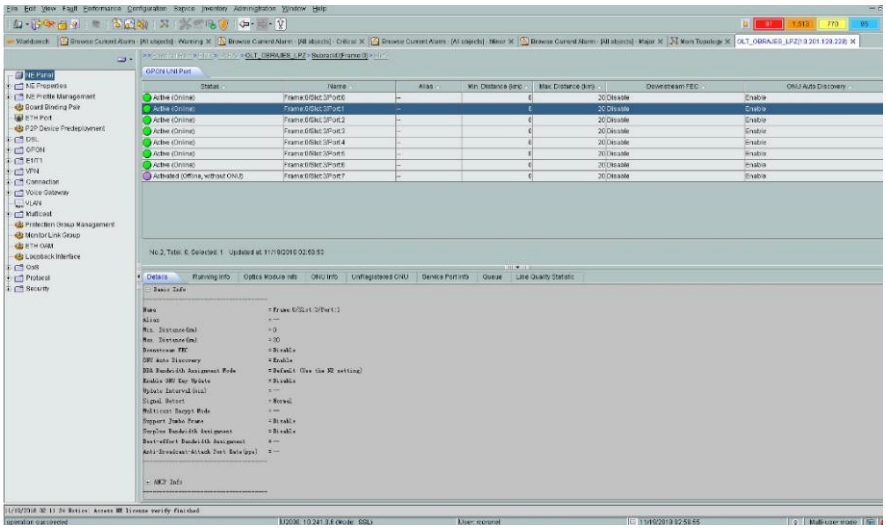


FIGURA 3. 14: OLT_OBRAJES -GESTION U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 3.19 en gestión U2000 en la OLT de Obrajes de la ciudad de La Paz se tienen asociados a ese puerto 5 clientes.

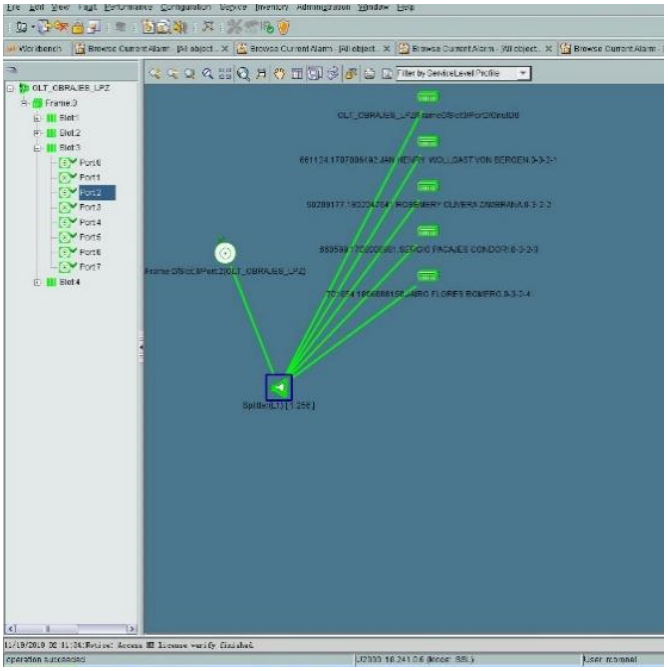


FIGURA 3. 15:OLT_OBRAJES - GESTION U2000 - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

De esta manera una vez que sea implementada la OLT_ACHACACHI podremos ver en la gestión U2000 de Huawei, los clientes asociados en la misma y determinar si tienen algún inconveniente o si es un problema del usuario.

4. Equipamiento para su implementación y cálculos

4.1. Divisores (Splitters) para FTTH.

El dispositivo de ramificación óptica bidireccional utilizada en PONs punto a multipunto (P2MP), que tiene una entrada desde el puerto F1 y múltiples puertos de salida, se denomina divisor óptico o simplemente divisor (splitter, en inglés). Los divisores se consideran pasivos al no precisar de una fuente de energía externa, salvo el haz de luz incidente. Son de banda ancha y solo agregan pérdida, principalmente debido al hecho de que dividen la potencia de entrada (de forma descendente). Esta pérdida, conocida como pérdida de divisor o relación de división, se expresa normalmente en dB y depende principalmente de su número de puertos de salida

Relación de Split	Pérdida de inserción (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14
1:32	17,5

TABLA 4. 1:ATENUACIÓN (SPLITTERS)
Fuente: CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR (FTTH) Marcelo Abreu

En el caso nuestro podemos observar que este splitter es de 1 a 16 por lo que un divisor 1 a 16 soportará entonces una pérdida de 12 dB y un divisor 1 a 32 tendrá una pérdida mínima de 15 dB, sin contar las pérdidas adicionales debidas a conexiones e imperfecciones (normalmente se añade 1 dB a la pérdida de división original)

En la figura 4.1 se observa el Splitter que tiene una capacidad de 16 conexiones estos son de marca Huawei y según la tabla 3.3. se tendría una atenuación de 14 dB por cada splitter de esta característica.

FIGURA 4. 1: SPLITTER - 1:16 PUERTOS - HUAWEI
Fuente: Elaboración propia

4.2. Cajas NAPS

Las Cajas NAP /Network Access Point, son elementos para la distribución de la señal en redes FTTH realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red de bajada en el usuario.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SPLITTER SPL2605 HUAWEI

- Las Cajas NAP /Network Access Point, son elementos para la distribución de la señal en redes FTTH realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red de bajada en el usuario.

- Estas cajas se pueden instalar en poste o muro, en el exterior o en el interior.

En la figura 4.2 se pueden observar las cajas Nap que se encuentran generalmente instaladas en las esquinas, y tienen capacidad para 16 clientes.

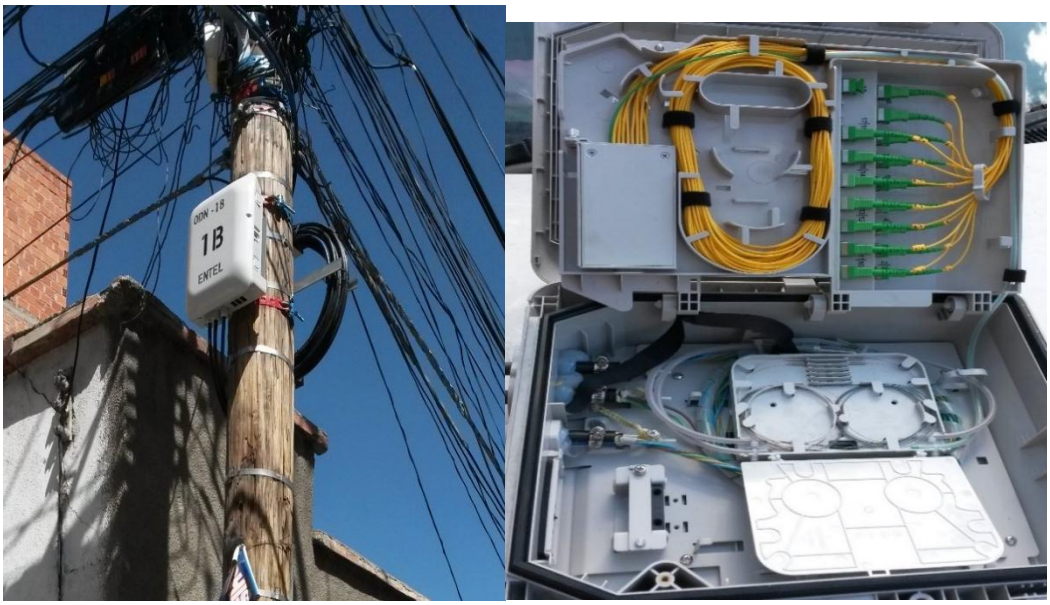


FIGURA 4. 2: CAJAS DE EMPALME PARA PLANTA EXTERNA - (NAP) PARA 16 CLIENTES
Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Para el diseño

Actualmente ya no se está interconectando a los equipos metro Ethernet ya que para tener mejor resultado y respuesta se está implementando el uso de equipos Cisco ASR-9010 para un mejor resultado ya que el mismo al tener mayor capacidad puede ser usado como router esto quiere decir que se configura todo el rango de direcciones IP

disponibles y este a la vez usa el protocolo PPPoE para entablar una comunicación con la OLT usando para ello un puerto de 10 Gigabit Ethernet, a la vez la conexión a la OLT se conecta con dos de estos equipos Cisco ASR-9010 ya que si existiera un corte de energía o algún problema en este otro router entraría en funcionamiento y evitando de esta manera el corte de servicio.

4.3. ONT Terminal de red óptica

En telecomunicaciones, un PTRO o Punto Terminal de Red Óptica es un dispositivo que sirve como punto de terminación de red entre el bucle local de la compañía y el cableado de la instalación del cliente. A veces están instalados al aire libre donde permiten acceso a la estación de cableado y sirven como un punto de prueba conveniente para la verificación de la integridad de la llegada de la señal de fibra óptica, así como del cableado hacia el interior del edificio del abonado.

4.3.1. Uso de las ONT

En los sistemas PON y GPON, la señal se transmite a las instalaciones del cliente utilizando tecnologías de fibra óptica. A diferencia de muchas de las tecnologías telefónicas convencionales, estos sistemas no proporcionan la corriente para los terminales locales, ni son adecuados para la conexión directa de los equipos del cliente, de ahí la necesidad del ONT.

Un ONT (terminal de red óptica) se utiliza para terminar la línea de fibra óptica, proporcionar corriente a los teléfonos del cliente y demultiplexar la señal en sus componentes.

En la medida que el ONT debe suministrar la corriente a la línea de cobre clásica de la instalación existente, hay que tener cuidado en no sobrepasar el número máximo de

terminales permitidos por el fabricante, ya que ello podría comportar un mal funcionamiento. Aparte de esa limitación el ONT debe obtener su suministro de corriente de la red eléctrica del local del cliente, para mantener el servicio en el caso de un corte de corriente muchas ONT tienen la opción de una batería de backup (WIKIPEDIA, 2018).

En la figura 4.3 se puede observar un equipo ONT el mismo es instalado en el cliente este equipo tiene puertos ethernet y también cuenta con WiFi para su conexión al servicio de internet.

FIGURA 4. 3: ONT (MODELO HG8245H - HUAWEI)
Fuente: Elaboración propia

Dimensiones (alto x ancho x profundidad)	(176x138,5x28) mm (Sin antena externa)
Peso	Alrededor de 500g
Temperatura de funcionamiento	0 °C a + 40 °C
Humedad de funcionamiento	5% RH a 95% RH (sin condensación)
Adaptador de corriente de entrada	100-240 V AC 50-60Hz
Fuente de alimentación del sistema	11-14 V DC 1A
Consumo de energía estática	5 W
Consumo de potencia máximo	15,5 W
Los puertos	2 macetas + 4GE + wi-fi + 1USB
Los indicadores de	Potencia/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS
Parámetros de interfaz	
Puerto Ethernet	• Etiquetas VLAN y eliminación de etiquetas con puerto Ethernet • 1:1 VLAN N: 1 VLAN o VLAN transparenteLa transmisión • QinQ VLAN • Límite en el número de direcciones MAC adquiridas • Dirección MAC de aprendizaje
GPON puerto	• Clase B + Sensitivity sensibilidad del receptor:-27dBm • Longitudes de onda: nos 1310nm DS 1490nm • WBF Mapping mapeo Flexible entre el puerto de gema y TCONT Pon GPON: compatible con el sistema de seguridad nacional o la contraseña La autenticación en G.984.3 • Bi-direccional FEC • SR-DBA y NSR-DBA
WLAN	• IEEE 802,11 b/g/n • MIMO 2x2 • Ganancia de antena: 2 dBi • WMM • SSID múltiples • WPS
Macetas de puerto	• Máximo REN: 4 • G.711A/μ... G.729a/b y G.722 codificación/decodificación • T.30/T.38/G.711 modo de fax • DTMF • Llamadas de emergencia (con el protocolo SIP)
Puerto USB	• USB2.0 • Almacenamiento de red basado en FTP

TABLA 4. 2:CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO ONT
Fuente: https://support.huawei.com/enterprise/es/doc/EDOC1000059655

4.3.2. Configuración Remota de las ONT

Uno de los principales problemas que se ha intentado resolver en la tecnología GPON ha sido el conseguir gestión remota del equipamiento de usuario, ya que cada visita a casa del cliente supone un elevado coste económico. Esto permite reducir los costes operativos.

Para ello, dentro de la norma GPON se ha desarrollado un protocolo denominado OMCI (ONT Management and Control Interface) según la recomendación G.984.4 de la ITU-T. Este protocolo permite la configuración remota de las ONTs. Para cada ONT se establece un canal de gestión entre OLT y ONT. Incluye gestión, rendimiento, monitorización de alarmas, fallos y prestaciones. El protocolo OMCI es uno de los aspectos fundamentales para garantizar la interoperabilidad entre fabricantes. Hay diversos mecanismos de transmisión de la información OMCI (WIKIPEDIA, 2018).

4.4. STB Decodificador de televisión

Decodificador o receptor de televisión, en inglés: Set-Top Box (STB), nota es el dispositivo receptor o decodificador de las señales (analógicas o digitales) de televisión analógica o digital (DTV), para luego ser mostrada o visualizada en el televisor (u otro dispositivo de televisión).

4.4.1. Uso de los STB

Un STB principalmente se encarga de recibir una señal digital, en alguno de los estándares (DVB-C, DVB-S, DVB-T, IPTV), y de comprobar que se tenga permiso para ver esta señal. Posteriormente, lo demodula y lo envía al televisor. También permite

disfrutar de todo el conjunto de ventajas que ofrece la televisión digital, como pueden ser: acceso condicional, televisión interactiva (MHP) o la televisión de alta definición.

Debido a que en el mundo la mayoría de televisores son analógicos, se sobreentiende la importancia de este dispositivo, el cual será básico hasta se disponga de televisores digitales a un precio accesible en el mercado. Mientras tanto los consumidores que deseen acceder a los servicios de la televisión digital, necesitarán un STB para su recepción.

Un STB puede ofrecer muchos servicios, desde utilizarlo como grabador (DVR) en los STB que incorporen disco duro, como utilizarlos para hacer consultas meteorológicas, hacer la reserva de una visita médica, o hacer compras en los que disponen de interactividad. También muchos de ellos dan la opción de conectarles dispositivos externos como por ejemplo, videocámaras e impresoras (WIKIPEDIA, 2018).

En la figura 4.4 se observa el equipo STB (Decodificador o receptor de televisión).

FIGURA 4. 4: STB AMINO A50 – ENTEL
Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Características técnicas equipo STB AMINO A50

- Entrada de Alimentación
- 1 puerto HDM
- 2 puertos USB
- 1 puerto Ethernet
- 1 puerto Óptico S/PDIF (Formato de Interfaz Digital)
- 1 Boton de servicio. No funciona en modo normal. Solo usa bajo la guía de su proveedor de servicios

En la figura 4.5 se observa una conexión en el cliente donde podemos observar que se tiene instalado un equipo ONT del que se brinda los servicios multimedia.

FIGURA 4. 5: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN EN CLIENTE FINAL
Fuente: Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga

4.5. CALCULO DE ANCHO DE BANDA

Para estimar la capacidad necesaria que debe tener el sistema para ofrecer el servicio Triple Play, es necesario explicar los servicios que brindaremos que serán:

- IPTV
- Internet
- VoIP

Estos servicios tienen diferentes necesidades, lo que se plantea en esta parte es el cálculo de ancho de banda necesario de un usuario tomando en cuenta diferentes aspectos y así calcular el ancho de banda total en la red. Para IPTV se toman en cuenta dos valores una si el canal es SDTV que tiene un valor estándar de 1.5 Mbps en bajada y para un canal HDTV es de 8 Mbps este según la cantidad de canales que se tenga disponibles actualmente se maneja este ancho de banda.

Luego para el servicio de internet se tomará una velocidad de 4.096 Kbps (4 Mbps) asimétrica la cual consideramos como una velocidad media ya que es la velocidad más baja que ofrece la empresa ENTEL S.A. y por lo tanto la que los usuarios requieren por su bajo precio.

Considerando que algunos usuarios quieran menor capacidad y otros una mayor capacidad. Y por último para el servicio de VoIP que ofrece necesita un ancho de banda de 100 Kbps de velocidad de subida y bajada según normas de la UIT.

Servicio	Ancho de Banda (BW) Subida	Ancho de Banda (BW) Bajada
IPTV (HD)		8 Mbps
VoiP	100 Kbps	100 Kbps
Total	100 Kbps	8.100 Kbps
Acceso a Internet (ENTEL)	2 Mbps	4 Mbps

TABLA 4. 3: ANCHO DE BANDA POR USUARIO
Fuente: Elaboración propia

4.5.1. Ancho de banda. La cantidad de datos que pueden enviarse y recibirse en el marco de una comunicación. Dicho ancho de banda suele expresarse en bits por segundo o en múltiplos de esta unidad. Por lo general, se entiende al ancho de banda como un rango para transferir datos (Porto, 2017)

En la tabla 4.4 se muestra el total de ancho de banda estimado por usuario en el caso de que adquiriera los tres servicios ofrecidos. Para sacar el ancho de banda de toda la red lo que se hará es multiplicar el ancho de banda por usuario por el estimado de usuarios proyectados con el porcentaje de penetración en la demanda como se observa en la siguiente tabla.

DETALLE	Ancho de Banda (BW) Subida	Ancho de Banda (BW) Bajada
Ancho de Banda por Usuario	2 Mbps	4 Mbps
Cantidad de Usuarios Primera Fase	800	800
Total de Ancho de Banda Mbps	1600 Mbps	3200 Mbps

TABLA 4. 4:TOTAL ANCHO DE BANDA
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, es importante aclarar que el servicio brindado es 2 a 1 esto significa que si tenemos contratado el paquete más bajo como es el plan FOH -200 que tiene un ancho de banda de 4 Mbps como se encentra en la tabla 7 esto significa que el ancho de banda de subida vendría a ser 2 Mbps.

4.6. VELOCIDAD DISPONIBLE POR USUARIO

Se tiene que en la OLT por cada puerto GPON se tiene de acuerdo a normas de la ITU-T-G.984.2 Rev 1 una velocidad de 2.5 Gbps (2500 Mbps) en bajada y 1.2 Gbps (1200 Mbps) en subida. Para este trabajo es necesario determinar el ancho de banda que se puede brindar al usuario, esto depende de la relación en la distribución de splitters que se

ponga en la red. Como la distribución que se desea llegar es a 1:64 es decir llegar con splitter con un hilo hasta 64 usuarios lo que se hará es calcular el ancho de banda disponible dividiendo la capacidad total entre 64 y así estimar el ancho de banda por usuario.

Velocidad por usuario en bajada:

4 Mbps / 64 usuario = 62.5 Kbps por usuario

Velocidad por usuario en subida:

2 Mbps / 64 usuario = 31.2 Kbps por usuario

Con estos cálculos se puede observar que con una división 1:64 se puede asegurar una velocidad de 62.5 Kbps / 31.2 Kbps por usuario, lo cual satisface el ancho de banda requerido por usuario que solicite los tres servicios.

PLAN	VELOCIDAD DOWN HASTA (Mbps)*	TARIFA MENSUAL (Bs)	CARGO DE INSTALACIÓN (Bs)**	CASILLAS DE CORREO
FOH - 200	4	143	200	3
FOH – 300	6	187		3
FOH – 500	10	262		3
FOH – 800	15	299		3
FOH – 10M	20	346		3
FOH-30M	30	442		3
FOH-50M	50	698		3
FOH-60M	60	840		3
FOH-80M	80	1.047		3
FOH-100M	100	1.326		3
FOH-200M	200	2.520		3

ENTEL MULTIPLAY								
Plan	Velocidad (Mbps) Simetría 2:1	IPTV	Asignación a tu Móvil					Precio Combo (Bs)
			MB	*Minutos	**WhatsApp	SMS	Número Favorito	
ESENCIAL	5	Fibra TV	1000	30	Ilimitado	0	0	214
ULTRA	10	Fibra Superior	1000	30	Ilimitado	0	0	299
DOBLE	15	Fibra Superior	3000	100	Ilimitado	100	0	366
MAX	25	Fibra Plus	5500	200	Ilimitado	200	3	445
PREMIUM	40	Fibra Plus	6000	300	Ilimitado	200	5	583

TABLA 4. 5:PLANES DE SERVICIO DE INTERNET Y TRIPLEPLAY FTTH - 2019
Fuente: Entel SA.

4.7. Trafico de IPTV

Los periodos del uso de la TV son muy largos y pueden durar varias horas, debido a esto se debe garantizar el ancho de banda suficiente para el tráfico multicast como es el caso de la televisión, consideramos la utilización del protocolo IGMP Vs.2 para el servicio bajo demanda de alta definición, para esto necesitamos garantizar 8 Mbps por cada

cliente, ya que actualmente nos llega hasta la estación terrena 13 Mbps de trafico de IPTV.

Para nuestro análisis usaremos la OLT MA5600T de Huawei la misma tiene como características 14 slots donde pueden ingresar tarjetas GPBH las mismas tiene capacidad de 8 puertos y cada puerto es para 64 clientes, según la recomendación que hace el fabricante (Huawei) ya que este puede tener hasta 128 clientes, por lo que en total tendríamos por tarjeta 512 clientes haciendo un total en todo el chasis de 7168 clientes.

4.7.1. El overbooking.

Se puede definir como la reventa o cuanto se asegura, visto desde otro punto de vista a nuestro enlace dedicado y que valor de multiplexación tomaremos, y se entiende como en cuantos clientes dividiremos el ancho de banda dedicado/efectivo.

Siempre se utiliza overbooking en telecomunicaciones, por ejemplo, una compañía de teléfono no tiene la capacidad de responder a todas las llamadas, si todos sus usuarios se decidieran a hablar al mismo tiempo, esto es común por ejemplo en navidad o fiestas similares, ya que muchos usuarios intentan acceder al servicio, pero la capacidad de la central de telefónica no es la suficiente, por la cantidad de reventa que le hace a un puerto telefónico y por consiguiente nadie puede establecer la comunicación.

Al overbooking lo podemos utilizar gracias a que cuando un usuario “navega” no está constantemente utilizando el canal, ya que una vez cargado el sitio el enlace queda sin uso, este tiempo sin uso puede ser utilizado por otro usuario para poder racionalizar el ancho de banda, que por lo general es limitado.

Se le puede dar una escala del 1 al 15 con estos rangos:

1.- Excelente: Acceso dedicado

5.- Muy bueno: Semi Dedicado

8.- Aceptable

10.- Normal – Estandart :

15.- Sobre saturado

Si tenemos un enlace dedicado de 512 Kbps y lo dividimos en 10 clientes, esto nos indica que en el mejor de los casos el cliente tendrá los 512Kbps y en el peor de los casos 51.2 Kbps, pero en promedio tendremos unos 256/384Kbps.

El throughput, que es la capacidad de transferencia real que fluye por un sistema, podemos tomar un 10% como aceptable (estándar) y un 15% para usuarios premium.

Ahora tomamos la siguiente fórmula:

ABw = {throughput / overbooking} x USUARIOS

Si tenemos 10 usuarios 640 Kbps (a los cuales los categorizamos como entandar 10%) tenemos 15 usuarios 1024 Kbps (10%) y 18 usuarios 2048 Kbps (10%)

Si vamos completando la fórmula: al ser asegurado solo un 10% debemos dividir el Max Limit (límite máximo MIR) en 10: usuarios 640 Kbps tendrán 64 Kbps asegurados, usuarios 1024 kbps tendrán 100Kbps asegurados (aprox) y los usuarios 2048 Kbps tendrán 200Kbps asegurados.

A los de 640 Kbps los restringimos en grupo de 7 personas (overbooking = 7). A los usuarios 1024 kbps (1M), que le damos un mejor tratamiento los unimos en grupos de 6 personas y los usuarios 2048 Kbps van a ser los premium compartiendo solamente con 5 personas.

ABw= 64 Kbps/7 x10 + 100Kbps/6 x15 + 200Kbps/5 x 18

ABw= 91Kbps + 250Kbps + 720 Kbps

ABw= 1061 Kbps

Este valor nos da como resultado que para poder brindas las necesidades mínimas de nuestros clientes debemos contratar 1024Kbps. Todo nos hace indicar que, si agregamos más usuarios a nuestra red, sobresaturaríamos el enlace y deberíamos replantear el aumentar el acceso dedicado.

AB=10 Mbps / 7168 = 139 Kbps

Para nuestro análisis contemplaremos el caso real extraído del Router cisco en horas pico.

En la figura 4.7 se puede observar el tráfico de la OLT-ZTE-COMERCIAL a la que hacemos referencia, es la que más usuarios tiene conectados actualmente, como se puede apreciar en esta imágen se observa que el tráfico de bajada esta con 1822868000 bits/seg dividido entre 8 bits nos da 227.858.500 Byte dividido en 1024 Kbps = 222.518 Kbps y dividido en 1024 Mbps = 217 Mbps en el primer puerto.

```
RP/0/RSP1/CPU0:LPZ-CE-CENTRAL-01#sh interface Bundle-Ether103.4051
Wed Nov 14 17:35:40.025 BOL
Bundle-Ether103.4051 is up, line protocol is up
  Interface state transitions: 3
  Hardware is VLAN sub-interface(s), address is 0000.0000.0103
  Description: ### OLT ZTE COMERCIAL - PPPoE ID:4051 ###
  Internet address is Unknown
  MTU 9018 bytes, BW 10000000 Kbit (Max: 10000000 Kbit)
     reliability 255/255, txload 9/255, rxload 0/255
  Encapsulation 802.1Q Virtual LAN,
    Outer Match: Dot1Q VLAN 4051
    Inner Match: Dot1Q VLAN any
    Ethertype Any, MAC Match src any, dest any
  loopback not set,
  Last link flapped 3w1d
  Last input 00:00:07, output 00:00:00
  Last clearing of "show interface" counters never
  5 minute input rate 22827000 bits/sec, 17329 packets/sec
  5 minute output rate 353501000 bits/sec, 32651 packets/sec
     75600492539 packets input, 13278588644861 bytes, 0 total input drops
     0 drops for unrecognized upper-level protocol
     Received 18373 broadcast packets, 0 multicast packets
     134495406363 packets output, 178095537706720 bytes, 0 total output drops
     Output 0 broadcast packets, 32704 multicast packets

RP/0/RSP1/CPU0:LPZ-CE-CENTRAL-01#sh interface Bundle-Ether103.4041
Wed Nov 14 17:35:00.717 BOL
Bundle-Ether103.4041 is up, line protocol is up
  Interface state transitions: 3
  Hardware is VLAN sub-interface(s), address is 0000.0000.0103
  Description: ### OLT ZTE COMERCIAL - PPPoE ID:4041 ###
  Internet address is Unknown
  MTU 9018 bytes, BW 10000000 Kbit (Max: 10000000 Kbit)
     reliability 255/255, txload 46/255, rxload 3/255
  Encapsulation 802.1Q Virtual LAN,
    Outer Match: Dot1Q VLAN 4041
    Inner Match: Dot1Q VLAN any
    Ethertype Any, MAC Match src any, dest any
  loopback not set,
  Last link flapped 3w1d
  Last input 00:00:00, output 00:00:15
  Last clearing of "show interface" counters never
  5 minute input rate 130467000 bits/sec, 91808 packets/sec
  5 minute output rate 1822868000 bits/sec, 171891 packets/sec
     388372907570 packets input, 78778764931931 bytes, 2 total input drops
     0 drops for unrecognized upper-level protocol
     Received 61633 broadcast packets, 0 multicast packets
     708707011396 packets output, 932755009572130 bytes, 0 total output drops
     Output 0 broadcast packets, 32697 multicast packets
```

FIGURA 4. 6: TRÁFICO DE DATOS EN EQUIPO CISCO ASR9010 (INTERNET)
Fuente: Elaboración propia

De igual manera verificando 353501000 bits/seg dividido entre 8 bits nos da 44187625 Byte dividido en 1024 Kbps = 43.151 Kbps y dividido en 1024 Mbps = 42 Mbps Sumados estos resultados nos dan 259 Mbps de tráfico en horas pico.

En la figura 4.7. Se puede observar el tráfico de IPTV en horas pico 1146671000 bits/seg dividido entre 8 bits nos da 143.333.875 Byte dividido en 1024 Kbps = 139.974 Kbps y dividido en 1024 Mbps = 136 Mbps en el primer puerto.

```
RP/0/RSP1/CPU0:LPZ-CE-CENTRAL-01#sh interface Bundle-Ether103.4051
Wed Nov 14 17:35:40.025 BOL
Bundle-Ether103.4051 is up, line protocol is up
  Interface state transitions: 3
  Hardware is VLAN sub-interface(s), address is 0000.0000.0103
  Description: ### OLT ZTE COMERCIAL - PPPoE ID:4051 ###
  Internet address is Unknown
  MTU 9018 bytes, BW 10000000 Kbit (Max: 10000000 Kbit)
     reliability 255/255, txload 9/255, rxload 0/255
  Encapsulation 802.1Q Virtual LAN,
    Outer Match: Dot1Q VLAN 4051
    Inner Match: Dot1Q VLAN any
    Ethertype Any, MAC Match src any, dest any
  loopback not set,
  Last link flapped 3w1d
  Last input 00:00:07, output 00:00:00
  Last clearing of "show interface" counters never
  3 minute input rate 22827000 bits/sec, 17329 packets/sec
  5 minute output rate 353501000 bits/sec, 32651 packets/sec
     75600492339 packets input, 13278588641801 bytes, 0 total input drops
     0 drops for unrecognized upper-level protocol
     Received 18373 broadcast packets, 0 multicast packets
     134495406363 packets output, 178095537706720 bytes, 0 total output drops
     Output 0 broadcast packets, 32704 multicast packets

RP/0/RSP1/CPU0:LPZ-CE-CENTRAL-01#sh interface Bundle-Ether103.4041
Wed Nov 14 17:35:00.717 BOL
Bundle-Ether103.4041 is up, line protocol is up
  Interface state transitions: 3
  Hardware is VLAN sub-interface(s), address is 0000.0000.0103
  Description: ### OLT ZTE COMERCIAL - PPPoE ID:4041 ###
  Internet address is Unknown
  MTU 9018 bytes, BW 10000000 Kbit (Max: 10000000 Kbit)
     reliability 255/255, txload 46/255, rxload 3/255
  Encapsulation 802.1Q Virtual LAN,
    Outer Match: Dot1Q VLAN 4041
    Inner Match: Dot1Q VLAN any
    Ethertype Any, MAC Match src any, dest any
  loopback not set,
  Last link flapped 3w1d
  Last input 00:00:00, output 00:00:15
  Last clearing of "show interface" counters never
  3 minute input rate 130467000 bits/sec, 91808 packets/sec
  5 minute output rate 1822868000 bits/sec, 171891 packets/sec
     38837290757 packets input, 7877876493193 bytes, 2 total input drops
     0 drops for unrecognized upper-level protocol
     Received 61633 broadcast packets, 0 multicast packets
     708707011396 packets output, 932755009572130 bytes, 0 total output drops
     Output 0 broadcast packets, 32697 multicast packets
```

FIGURA 4. 7: TRÁFICO DE IPTV Y VOZ (INTERNET)
Fuente: Elaboración propia

En el caso de la telefonía que es de 64 Kbps es muy bajo su uso por lo que se puede apreciar que no se tiene tráfico del mismo.

En la figura 4.8 se puede apreciar la comunicación que se tiene entre los diferentes equipos de la red DWDM como de los equipos CISCO ya que estos últimos son equipos de capa 3 según el modelo OSI (Modelo de interconexión de sistemas abiertos)

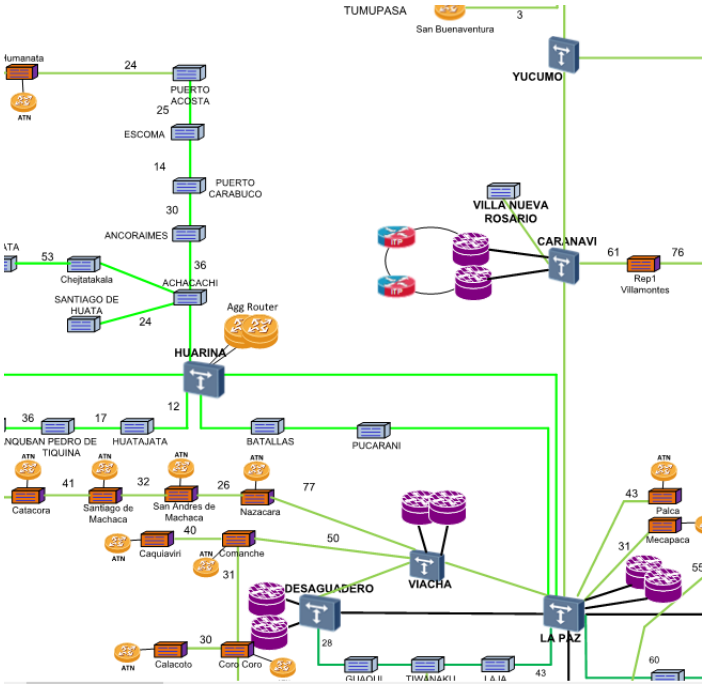


FIGURA 4. 8:EQUIPAMIENTO DE LA RED CISCO Y DWDM – DESDE LA CIUDAD DE LA PAZ, HACIA ACHACACHI
Fuente: Elaboración propia

4. Diseño para la implementación

El siguiente apartado detallará los aspectos más importantes del diseño de la instalación física de la red FTTH. Con esta descripción se pretende garantizar un modelo de calidad para cualquier proyecto o planificación de red.

El objetivo de este sistema de diseño es encontrar la mejor solución para cada tipo de ambiente. Todos los diseños resultan tras la confluencia y estudio de varias alternativas realistas, pero sólo una debe ser la solución escogida. Es muy importante encontrar la solución óptima, que va a depender directamente de un buen conocimiento del área cartográfica a diseñar, así como de la propia experiencia en diseño de redes.

Una solución óptima implica un bajo coste de implementación y mantenimiento, así como calidad en el funcionamiento, servicio fidedigno y diseño estético.

4.1. Resultados de la encuesta

Se han realizado 30 encuestas, en la población de Achacachi de la ciudad de la Paz 100%, ya que los ciudadanos no conocen, los beneficios y características de los servicios de banda ancha como es la arquitectura GPON – FTTH.

Pregunta Nº 1

¿Conoce los nuevos servicios que presta la empresa Entel, como es la tecnología GPON que ofrece servicios de banda ancha?

Tabla Nº 1		
Indicadores	**Frecuencia (f)**	**Porcentaje (%)**
SI	6	6,00%
NO	34	34,00%
TOTAL	40	40,00%

TABLA 4. 6:PREGUNTA NUMERO 1
Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 5.1 De acuerdo al análisis, del 100% de la población encuestada no conoce sobre las nuevas tecnologías de prestación de servicios de banda ancha como es el GPON - FTTH incorporadas en Bolivia, como se puede apreciar en la figura 5.1

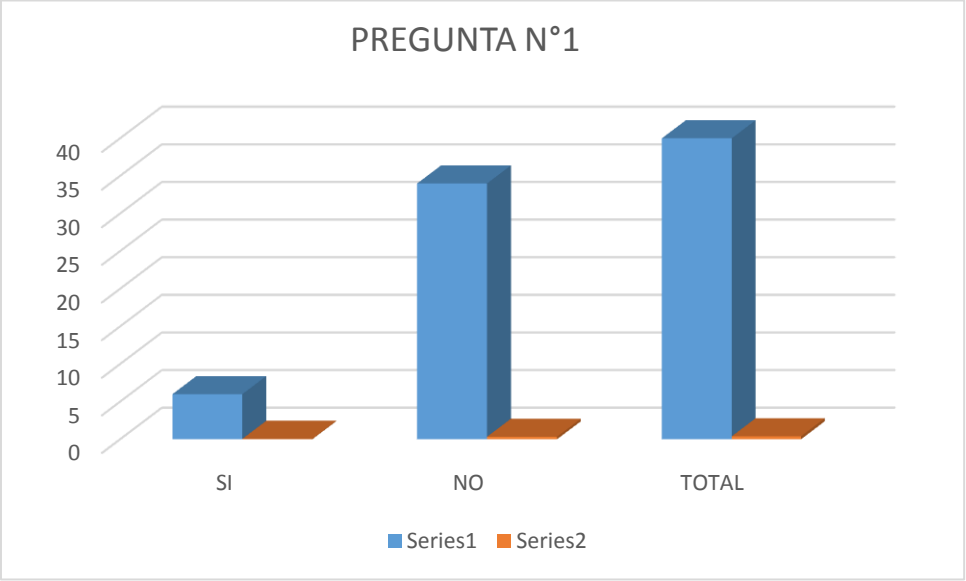


FIGURA 4. 9:GRAFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA
Fuente: Elaboración Propia

Pregunta Nº 2

¿Estaría de acuerdo en tener los servicios de banda ancha como son Internet, Voz IP, Datos, Televisión digital (Multimedia)?

Tabla Nº 2		
Indicadores	**Frecuencia (f)**	**Porcentaje (%)**
Si	100	100
No	0	0
Total	100	100

TABLA 4. 7:PREGUNTA NUMERO 2
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5.2. Al analizar la información, el presente grafico muestra que el 100% da a conocer afirmativamente que requiere el servicio ya que este servicio otorga a las familias y personas en su conjunto muchos veneficios.

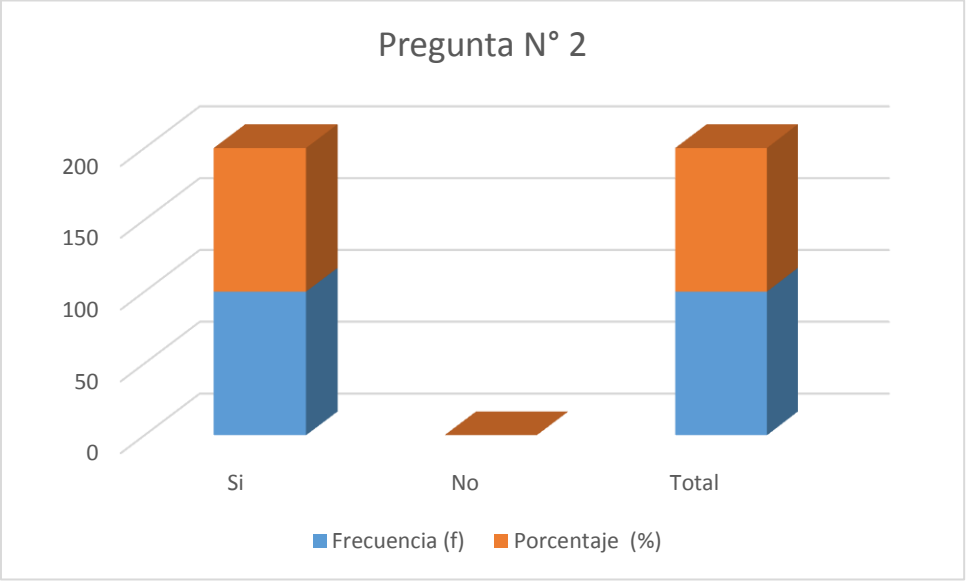


FIGURA 4. 10: GRAFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA
Fuente: Elaboración Propia

Pregunta Nº 3

¿Está de acuerdo en pagar el monto de 143 Bs por el servicio de Internet por una velocidad de 4 Mbps cada mes?

Tabla Nº 3		
Indicadores	**Frecuencia (f)**	**Porcentaje (%)**
SI	35	35,00%
NO	5	5,00%
TOTAL	40	40,00%

TABLA 4. 8:PREGUNTA NUMERO 3
Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 5.3. De acuerdo al análisis, de la población encuestada una gran parte está interesada en tener el servicio de Internet y podría pagar dicho monto.

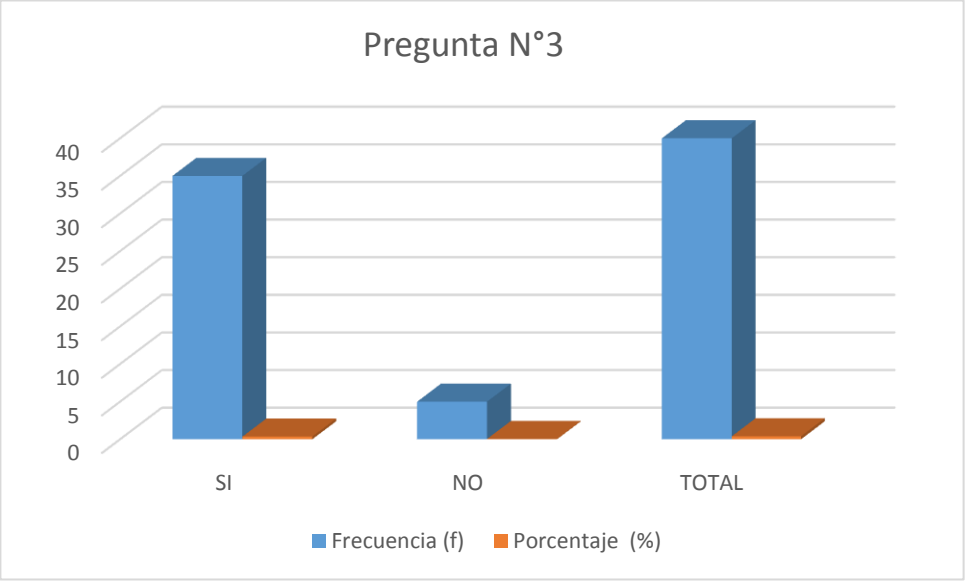


FIGURA 4. 11:GRAFICA DE LA TERCERA PREGUNTA
Fuente: Elaboración Propia

Pregunta Nº 4

¿Está de acuerdo en pagar por el plan esencial donde te brindan una velocidad de 5 Mbps de Internet, fibra Tv, y asignación a tu móvil de Entel de 1000 MB, 30 minutos Whapsap ilimitado por 210 Bs mes?

Tabla Nº 4		
Indicadores	**Frecuencia (f)**	**Porcentaje (%)**
SI	30	30,00%
NO	10	10,00%
TOTAL	40	40,00%

TABLA 4. 9:PREGUNTA NUMERO 4
Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 5.4. Analizando la siguiente pregunta se puede ver que las personas jóvenes solo quieren el servicio de internet por lo que no les interesaría el paquete de fibra televisión.

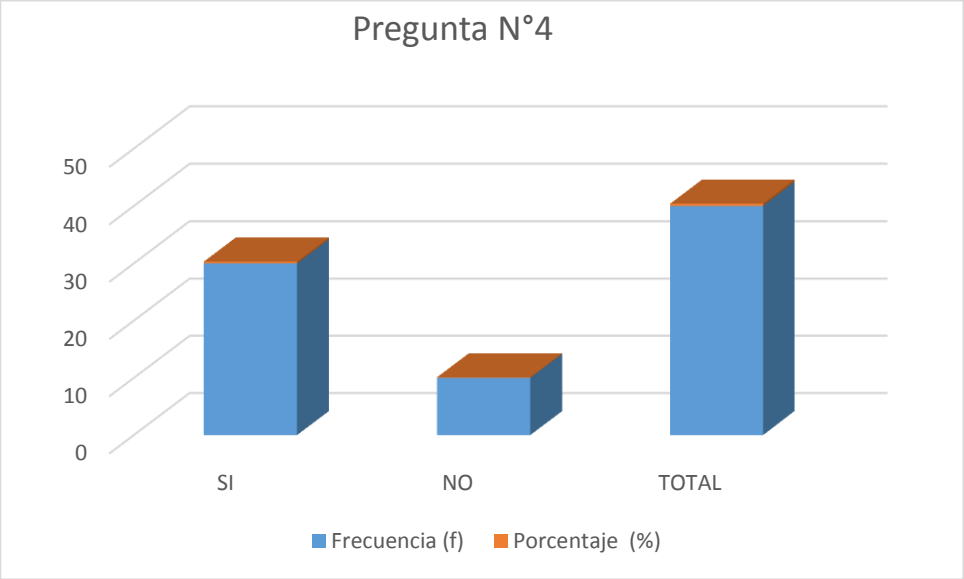


FIGURA 4. 12:GRAFICA DE LA CUARTA PREGUNTA
Fuente: Elaboración Propia

Pregunta Nº 5

¿Cree usted que las nuevas tecnologías como es el GPON - FTTH benefician a las personas para su integración y mejoran la calidad de vida?

Tabla Nº 5		
Indicadores	**Frecuencia (f)**	**Porcentaje (%)**
SI	27	27,00%
NO	13	13,00%
TOTAL	40	40,00%

TABLA 4. 10:PREGUNTA NUMERO 5
Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 5.5. Algunas de estas personas piensan que el internet y la televisión son una distracción por lo que es un perjuicio tener en su hogar este tipo de tecnología.

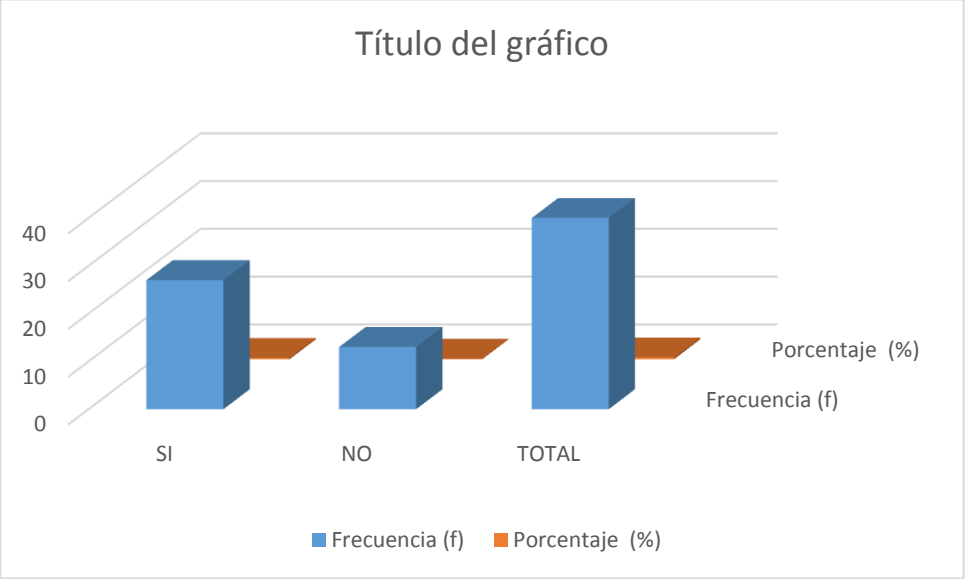


FIGURA 4. 13: GRAFICA DE LA QUINTA PREGUNTA
Fuente: Elaboración Propia

4.2. Analizando la encuesta

Según el censo del año 2012 el municipio de Achacachi cuenta con una población 46.058 habitantes de los cuales podríamos estimar que para una primera instancia se tendría un requerimiento del paquete fibra óptica de unas 2000 personas y para el paquete de solo internet 6000 personas haciendo un total de 8000 personas o familias que requerirían el servicio.

Por otra parte, consideramos que las 2000 personas requieren el servicio de 5 Mbps de ancho de banda, esto significaría que se requeriría 10 Tbps.

Por el otro lado si se tendría un requerimiento de 6000 personas por un ancho de banda 4 Mbps de ancho de banda, significaría que se requieren 24 Tbps.

Haciendo un total de 10 Tbps + 24 Tbps = 34 Tbps.

Ahora por la cantidad de clientes (8000 personas) por otro lado, cada tarjeta de servicio, tiene capacidad de hasta 64 clientes y cada tarjeta de servicio tiene una capacidad de 8 puertos esto significaría:
64 X 8 = 512 que por tarjeta se tendría 512 clientes 8000 / 512 = 15,625 esto significaría que la OLT tendría que tener 16 tarjetas (GPBH) de servicio ya que la misma tiene una capacidad de hasta 16 tarjetas posteriormente si se tendría más clientes se podría poner una segunda OLT.

4.3. Planificación de la red GPON

Todas las redes, indistintamente de cómo esté configurada su infraestructura como un sistema y considerando una serie de elementos propios de estos entornos, deben garantizar antes y después un correcto funcionamiento, lo que significa que deben seguir brindando el servicio al cliente para la cual fueron diseñadas.

Sin embargo, para poder brindar y mantener esos servicios a nivel de las redes FTTH, es importante contar inicialmente con un plano, donde se esquematicen las distribuciones por zonas y servicios que van a ser atendidos por el proveedor de servicios. Una representación de este plano se ilustra en la figura 4.14.

A la vez se instalará nuestro equipo OLT MA5600 de marca Huawei en el Cerro de Achacachi como se puede ver en la figura 4.14 ya que en la misma se tienen ya instalados equipos que llevan el tráfico por la red DWDM OSN 1800 también de marca Huawei así mismo se tiene un equipo de radio RTN 950 de marca Huawei por donde en caso de algún corte de fibra óptica que ocasione la interrupción del tráfico el mismo será encaminado por este acceso.

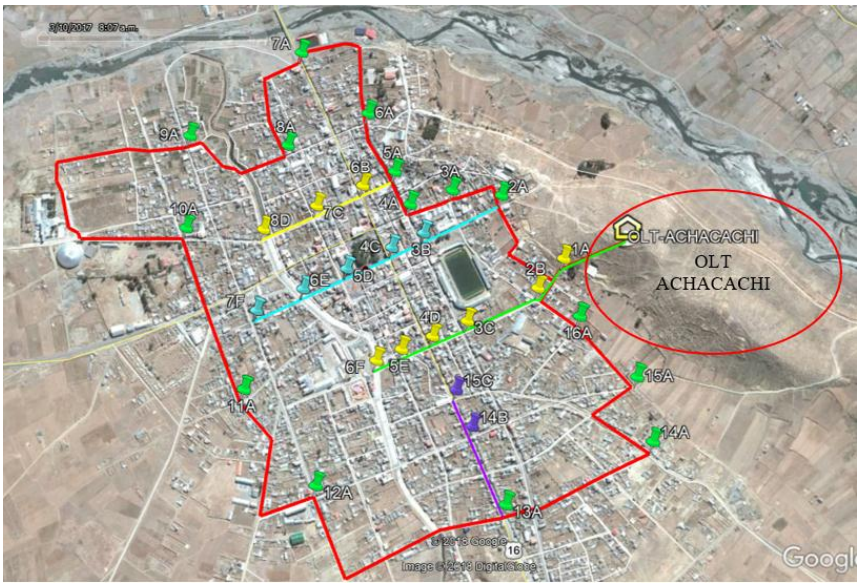


FIGURA 4. 14:COBERTURA DEL SERVICIO FTTH - ACHACACHI
Fuente: Elaboración propia

4.4. Diseño de la red FTTH:

Para el presente diseño se utilizó la ayuda de Google Maps, donde es posible ver el área geográfica que nos interesa y de esta manera enmarcar el área que se utilizara para el correspondiente análisis.

Se enmarco el mapa referencial con rojo ya que se planea hacer un anillo de fibra óptica, en todo el bosquejo, así mismo con la ayuda de Google Maps se pudo medir el área que se piensa poner el anillo de fibra óptica que son 5.33 Km aproximadamente. En lo posible esta fibra debería ser subterránea para no tener problemas por rupturas ocasionadas por vehículos de alto tonelaje, del mismo se podrá sacar a través de splitters de segundo o tercer nivel para que de la misma siga creciendo la red según el requerimiento de los clientes.

Por lo tanto, el presente mapa lo dividiremos en 3 partes para un mejor análisis y entendimiento.

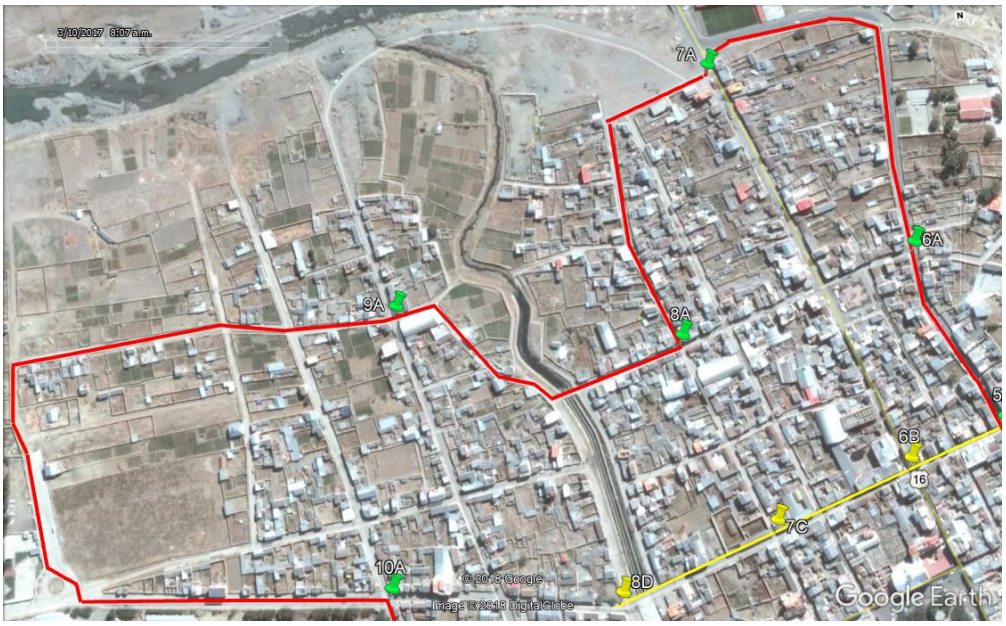


FIGURA 4. 15:PRIMERA ÁREA DE COBERTURA FTTH - ACHACACHI
Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Fase 1:

Como se observa en esta primera fase tiene un área aproximada de 2.10 Km por otro lado se debe considerar que la fibra óptica hoy en día se la compra a los fabricantes ya sea de hasta 5 Km. Por otro lado, se observa que existe poca densidad de población, inclusive en el extremo Nor Este se puede divisar áreas con solo terrenos por lo que seguramente con el transcurso del tiempo es posible que se vayan a poblar y construir viviendas, por esta razón no es recomendable poner mucha cantidad de Splitters ya que esta aérea nos ara gastar recursos.

Por otro lado, el lado Nor Oeste nos muestra que es un área más poblada por lo que se debe colocar mayor cantidad de Splitters, por lo tanto, más cantidad de cajas NAP siempre y cuando se tenga demanda.

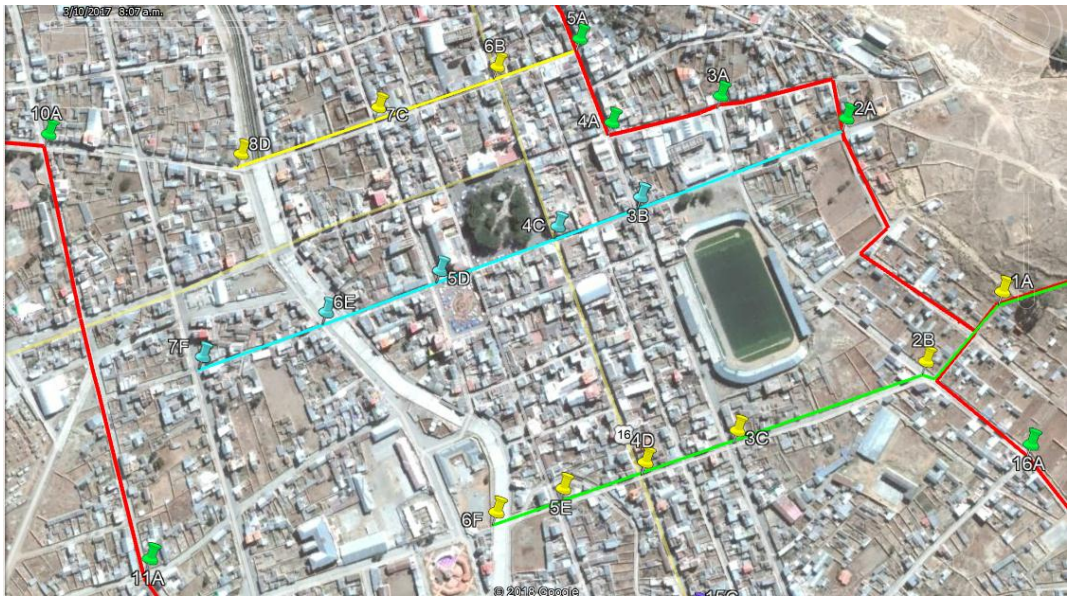


FIGURA 4. 16:SEGUNDA ÁREA DE COBERTURA DEL SERVICIO FTTH - ACHACACHI
Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Fase 2

En la figura 4.16 se observa que es el área central de la población de Achacachi, donde se puede observar que es el lugar más concurrido por las personas, ya que es el centro de esta población los lugares más relevantes como son la plaza mayor de Achacachi, Estadio de Achacachi por este sector se hallan los bancos ya que este lugar es el que mayor consumo de recursos requiere, por su ubicación los centros comerciales, escuelas y otros requerirán el servicio pudiendo inclusive ser necesario poner quizás un NODO OLT exclusivo para esta zona.

La misma tiene líneas transversales que salen del anillo una de color amarillo, y la celeste que pasa por la plaza mayor de Achacachi, y una línea verde que pasa por detrás del estadio de Achacachi en estos trazos se colocó señalizaciones donde se pondrán splitters o en su defecto acompañados de cajas NAP. La distribución de estos las pusimos cada dos cuadras, dependiendo si se observa casas o no es posible expandirlas

en cada tres cuadras generalmente se tiene una distancia entre postes de unos 35 metros, aunque generalmente una cuadra es de 100 metros, para Entel un cliente a la caja NAP es de 300 metros máximo la distancia.

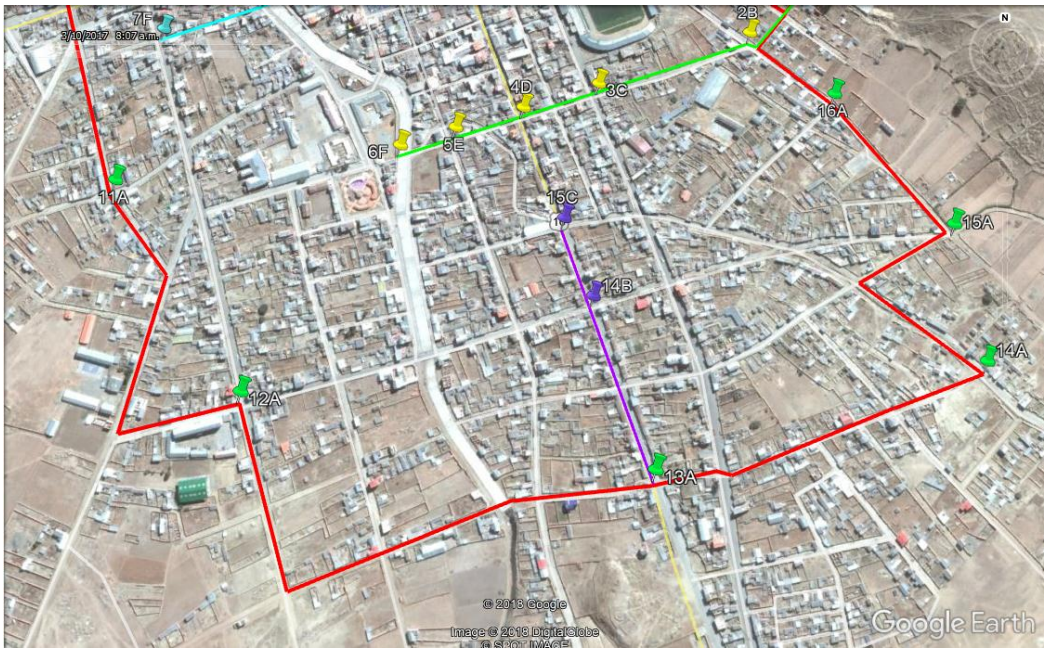


FIGURA 4. 17:SEGUNDA ÁREA DE COBERTURA DEL SERVICIO FTTH - ACHACACHI
Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Fase 3

En la figura 4.17 se observa nuestra última imagen para su análisis la misma se encuentra en la parte sur de Achacachi donde se puso una línea transversal de color lila que sale del anillo que se encuentra de color rojo, de donde podremos realizar sangrados si fuera necesario para el crecimiento de nuestra red, ya que esa sería un área con aparente crecimiento de habitantes por lo que de igual manera se puso cada dos cuadras un Splitter y cajas NAP. El área aproximada de cobertura es de 2.37 km.

4.5. CALCULO DE POTENCIAS.

En este apartado realizaremos los cálculos de atenuación para las distintas conexiones tomando en cuenta la siguiente ecuación:

$$P_{Tx}[dBm] - P_{Rx}[dBm] \geq \left[\sum_{i=1\ldots n} L(i)[Km]\ a\left[\frac{dB}{Km}\right] + \sum_{i=1\ldots n} E(i)a_e[dB] + n_c\, a_c\,[dB] \right] + Ai$$

Dónde:

- Ptx: Potencia de trasmisión [dB].
- a : Atenuación nominal de la fibra a la longitud de onda especificada [dB/Km].
- L (i): Longitud de la fibra óptica por tramos [Km].
- E(i): Número total de empalmes.
- ae: Valor de atenuación por empalmes [dB].
- nc: Número de conectores.
- ac : Atenuación de los conectores [dB].
- Ai: Margen por degradación [dB].

Lo que se requiere calcular es la atenuación total de cada tramo de tendido de fibra óptica ocasionado por diferentes factores ya sean por la atenuación de longitud de onda del cable, por las fusiones y conectores. Cada tramo presenta fusiones intermedias en cajas de distribución a esto se le debe sumar dos fusiones en los extremos.

Ptx – Prx es la atenuación por inserción de todo el trayecto de la fibra óptica con lo cual se pretende que la fibra trabaje en óptimas condiciones, el cálculo se lo realiza mediante la sumatoria por tramos con su respectiva atenuación, mediante la sumatoria de empalmes y los conectores esto se lo representa en una gráfica como ejemplo para ambas longitudes de onda de Recepción 1310nm y Trasmisión 1490nm según (ITU-T G 984.x). Estos valores se los calcula de forma teórica.

Las características importantes según los equipos a utilizarse son la OLT y el ONT como se puede apreciar en la tabla 4.11 los mismos son:

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD
OLT MA5600 Tarjeta H807GPBH		
Clase B+ y C+		
Potencia de Lanzamiento maxima	dBm	7.00
Potencia de Lanzamiento minima	dBm	3.00
Sensibilidad maxima del receptor	dBm	-32
Longitud de Onda Operativa		TX: 1490 nm /Rx:1310 nm
(ITU-T G 984.x) Atenuación λ = 1310 nm	dB/Km	0,35
(ITU-T G 984.x) Atenuación λ = 1550 / 1490 nm	dB/Km	0,22
Número máximo de direcciones MAC Soportado		32768
Distancia máxima de fibra	Km	20
ONT HG8245H HUAWEI		
Clase B+		
Potencia de Lanzamiento maxima	dBm	-8
Potencia de Lanzamiento minima	dBm	-4
Sensibilidad del receptor	dBm	-27

TABLA 4. 11: REFERENCIAS IMPORTANTES PARA EL CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO
Fuente: Elaboración propia

Se realizará los cálculos de los enlaces según la tabla 4.12 que se muestra a continuación como referencia.

TRAMOS	Atenuación de la fibra a la longitud de onda dB/Km 1310nm	Atenuación de la fibra a la longitud de onda dB/Km 1490nm	Longitud del tramo Km	Numero de fusiones	Valor medio de atenuación por empalme dB	Numero de conectores	Atenuación por conector dB	Atenuación por degradación dB
FASE 1	0,35	0,22	2.10	2	0,3	2	0.16	5
FASE 2	0,35	0,22	2.35	6	0,3	6	0.16	5
FASE 3	0,35	0,22	2.37	2	0,3	2	0.16	5

TABLA 4. 12: DATOS TECNICOS DE EL ENLACE DE FIBRA
Fuente: Elaboración propia

Calculo Fase 1

PTx [dBm] -PRx [dBm] ≥ {2.10 [Km] * 0.35 [dB/Km] + 2*0.3 [dB] + 2*0.16 [dB] } +5[dB]
PTx [dBm] - PRx [dBm] ≥ 1.655 [dB] + 5 [dB]
PTx [dBm] - PRx [dBm] ≥ 6.655 [dB]

El presente cálculo de la potencia específicamente de la primera fase, donde para una distancia de 2.10 Km como una distancia máxima usando para ello los datos de la tabla

4.12 los mismos fueron recabados de las características técnicas de los fabricantes de los equipos donde nos da un resultado de 6.655 dB esto nos refiere que la potencia de nuestro puerto GPON debe alcanzar esta potencia para logra dar el servicio a una ONT que se encuentra a esa distancia.

Calculo Fase 2

PTx [dBm] -PRx [dBm] ≥ {2.35 [Km] * 0.35 [dB/Km] + 6*0.3 [dB] + 6*0.16 [dB] } +5[dB]
PTx [dBm] - PRx [dBm] ≥ 3.5825 [dB] + 5 [dB]
PTx [dBm] - PRx [dBm] ≥ 8.5825 [dB]

Así mismo se puede ver que el cálculo realizado para una distancia de 2,35 Km y los datos encontrados en el la tabla 4.12 nos indica que nuestro puerto debe tener esa potencia para comunicarse a nuestro equipo ONT, en esta fase se determinó que se tendrá más divisiones ya que este sector es el centro de Achacachi y se espera tener mayor demanda.

Calculo Fase 3

PTx [dBm] -PRx [dBm] ≥ {2.37 [Km] * 0.35 [dB/Km] + 2*0.3 [dB] + 2*0.16 [dB] } +5[dB]
PTx [dBm] - PRx [dBm] ≥ 1.7495[dB] + 5 [dB]
PTx [dBm] - PRx [dBm] ≥ 6.7495[dB]

Para el caso de la Fase 3 se tiene la distancia calculada de 2,37 Km para esa distancia el puerto GPON debe enviar una potencia de trasmisión de 6,7495 dB para su comunicación con el equipo terminal que se instalara a esa distancia.

CAPITULO V– CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES

Las nuevas aplicaciones que surgen continuamente crean una demanda de mayor velocidad en las comunicaciones; por lo cual se comenzó a explotar al máximo las redes de cobre convencionales mediante tecnologías que comprimen cada vez más la información. Sin embargo, los equipos utilizados con estas tecnologías son cada vez más complejos y costosos; además de las limitaciones existentes de ancho de banda en las redes de cobre. Razón por la cual, se prefiere migrar hacia redes de fibra óptica que ofrecen velocidades de hasta 10 Gbps y con proyección de seguir incrementándose en el futuro.

Uno de los principales problemas en la velocidad de transmisión de las telecomunicaciones se debe a los “cuellos de botella” ocasionados por la transición de flujos de datos en medios con diferente capacidad de transmisión, en el bucle final del abonado. La tecnología GPON ofrece una solución permanente a este problema mediante el cambio de medio de transmisión por fibra óptica y con la introducción de tecnologías xPON que nos brindarán una mejora significativa en el ancho de banda y atenuación.

El precio del cable de fibra óptica como también los equipos e infraestructura relacionada involucra una inversión mayor tanto para la empresa como para el usuario; sin embargo, brinda mayores prestaciones que las redes de cobre ADSL debido a las características inherentes de la fibra óptica como su amplio ancho de banda, su reducida atenuación en altas frecuencias y su inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

La implementación de la fibra óptica en servicios triple play (voz, datos y video) de banda ancha permite alcanzar distancias de hasta 20 km y los problemas de ruido,

atenuación e interferencia se minimizan debido al tipo de elementos pasivos que se utilizan.

Con todas las ventajas que ofrece la fibra óptica como medio de transmisión, las redes ópticas pasivas (PON) se han convertido actualmente en una de las mejores opciones tecnológicas para redes de acceso y se ha escogido la tecnología GPON ya que soporta todo tipo de tráfico lo que permite brindar servicios de voz, datos y video que para ser servicios con calidad requieren de un gran ancho de banda.

5.1 Conclusiones y recomendaciones para la carrera

Las redes de fibras ópticas es un tema muy amplio para su estudio debido a las nuevas tecnologías que se van desarrollando (DWDM y CWDM) a esto se suma las redes pasivas ya que a un corto tiempo estas redes van a invadir a usuarios comunes que solicitaran un servicio de alta calidad.

Por eso creo que es necesario tener en la carrera, si bien no un laboratorio por el costo de los equipos ya que son muy caros talvez un taller donde se pida una visita a las instalaciones de Entel u otra empresa para que de esta manera los estudiantes puedan conocer los equipos y como estos se interconectan, y de qué manera se brindan los diferentes tipos de servicio a los clientes y de esta manera una vez de haber culminado con la carrera no sea una interrogante para nadie.

También los estudiantes deberemos tener un curso de seguridad industrial por qué se hace indispensable no solo en el trabajo con fibra óptica, ya que el uso de implemento de seguridad como los botas, ropa de trabajo, cascos, lentes, tapones. guantes, cinturones de seguridad. Son necesarias para el desempeño laboral en el área de las telecomunicaciones y concientizar al estudiante que el implemento de estos equipos es necesario para el resguardo de la integridad física.

GLOSARIO

ADSL: Línea de abonado digital asimétrica (asymmetric digital suscriber line).

AES: Estándar de encriptación avanzado (advance encryption standard).

APON: Red óptica pasiva ATM (ATM passive optical network).

ATM: Modo de transmisión asíncrono (asynchronous transfer mode).

BER: Tasa de error de bit (bit error ratio).

BIP: Bit de paridad (bt interleaved parity).

BPON: Red óptica pasiva de banda ancha (broadband passive optical network).

CRC: Control de redundancia cíclica.

CWDM: Multiplexación por división aproximada de longitud de onda (del inglés: Coarse wavelength Division Multiplexing)

DWDM: Multiplexado denso por división en longitudes de onda (del inglés: Dense Wavelength Division Multiplexing)

EDFA: Amplificador de fibra dopada con erbio (erbium doped fiber amplifier).

EPON: Red óptica pasiva de Ethernet (Ehternet passive optical network).

FC: conector FC (ferrule connector).

Dial-up: Conexión por línea conmutada

FCS: Frecuencia de verificación de trama.

FDDI: Interfaz de datos de distribución de fibra (fiber distributed data interface).

FEC: Corrección de errores en retransmisión (forward error correction).

FO: Fibra óptica.

FTTH: Fibra hasta el hogar (Fiber To The Home).

FWM: Modulación de cuarta onda (fourth wave modulation)

GPON: Red óptica pasiva gigabit.

HDTV: Video alta definición sobre IPTV (high definition TV).

HEC: Corrección de error de cabecera (header error correction).

HFC: Cables híbridos de fibra y coaxial (hibrid fiber-coaxial).

IEEE: Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (The Institute of Electrical and Electronics Engineers).

IPTV: Televisión por Protocolo de Internet

ITU: Union internacional de telecomunicaciones (Internacional Telecomunication Union).

Laser: Light Amplification by Stimulated Emisión of Radiation.

LED: Diodo de emisión de luz (light-emitting diode).

MM: Multimodo.

NRZ: Sin retorno a cero (non return to zero).

NZDSF: Fibras ópticas monomodo de dispersión desplazada no nula (non zero dispersion shifted fiber).

OAF: Filtro óptico analógico (optical analogic filter).

ODF: Filtro digital óptico (optical digital filter).

ODN: Red de distribución óptica (optical distribution network).

OLED: LED orgánico (organic LED).

OLT: Terminación óptica de línea (optical line termination).

OMCI: Interfaz de control y mantenimiento ONT (ONT management and control interface).

ONT: Terminación óptica de red (optical network termination).

PEM: Método de encapsulado PON (PON encapsulation method).

PIN: Fotodiodo P-I-N.

PLC: Circuito planar de onda ligera (planar lightwave circuit).

PON: Red óptica pasiva (passive optical network).

POTS: Servicio de voz tradicional (plain old telephone services).

PPV: Servicios de pago por visión o pago por evento (pay per view).

PT: Tipo de información de usuario (payload type).

SC: Conector (standard connector).

SDTV: Video de definición estándar sobre IPTV (standard definition TV).

SIN: Interfaz de red de servicios (services network interfece).

SM: Monomodo.

SMF: Fibras ópticas monomodo estándar (standard single mode fiber).

SOA: Amplificadores ópticos de semiconductor (semiconductor optical amplifier).

ST: Conector ST (straight tip).

SDH: Jerarquía digital síncrona

TDM: Multiplexación por división temporal (time division multiplexing).

TDMA: Acceso múltiple por división en el tiempo (time division multiple access).

UNI: Interfaz de red de usuario (user network interface).

VCI: Identificador de circuito virtual (virtual circuit identifier).

VoD: Video bajo demanda o video a la carta (video on demand).

VoIP: Servicio de voz IP.

VPI: Identificador de ruta virtual (virtual path identifier).

WDM: Multiplexación por división de longitud de onda (**WDM**, del inglés *Wavelength Division Multiplexing*)

BIBLIOGRAFIA

- Lazaro Laporta, J. (2004). *FUNDAMENTOS DE TELEMATICA.* Valencia, España: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A .
- HUAWEI - Luis Pozo. (2008). *GPON COMMISSIONING.* La Paz, Murillo , Bolivia. Recuperado el 30 de 10 de 2019
- SÁNCHEZ, R. W. (2005). *ESTUDIO DE LA RED ÓPTICA CWDM.* QUITO. Recuperado el 13 de 11 de 2019

Webgrafía

- (1999). En *CURSO DE INFORMATICA PERSONAL - INTERNET* (pág. 5). Cultural S.A.
- *AGENCIA DE NOTICIAS FIDES*. (28 de 02 de 2002). Recuperado el 23 de 10 de 2018, de https://www.noticiasfides.com/economia/entel-lanza-al-mercado-servicio-de-internet-agil-103145
- *De La Red a La Nube*. (10 de 04 de 2016). Recuperado el 09 de 11 de 2019, de https://delaredalanube.wordpress.com/2016/04/10/que-es-una-lambda/
- *FS.COM*. (23 de 08 de 2018). Recuperado el 25 de 11 de 2018, de https://www.fs.com/mx/the-advantages-and-disadvantages-of-fiber-optic-transmission-aid-431.html
- *Geniolandia*. (01 de 02 de 2018). Recuperado el 23 de 10 de 2018, de https://www.geniolandia.com/13103067/que-es-dial-up
- Gómez, J. I. (s.f.). INTEGRACIÓN DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS ETHERNET (EPON/GPON) CON LA TECNOLOGÍA WiMAX". 3. Recuperado el 25 de 11 de 2018, de bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9961/1/INTEGRACI%3FN%20DE%20LAS%20REDES%20%3FPTICAS%20PASIVAS%20ETHERNET%20%28EPON%20GPON%29%20CON%20LA%20TECNOLOG%3FA%20WiMAX.pdf

- HUAWEI. (s.f.). Recuperado el 25 de 11 de 2018, de https://e.huawei.com/es/products/fixed-network/transport/wdm/osn-8800
- Iptel. (29 de 01 de 2016). *Iptel*. Recuperado el 2018 de 10 de 3, de https://www.iptel.com.ar/que-es-ftth-o-fibra-al-hogar/
- Josan, M. (13 de 03 de 2017). *NASEROS.* Recuperado el 30 de 10 de 2019, de https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/
- Juan, D. (Ed.). (6 de 09 de 2017). Recuperado el 25 de 11 de 2018, de https://medium.com/@xxxamin1314/fundamentos-de-la-tecnolog%C3%ADa-wdm-diferencia-entre-la-tecnolog%C3%ADa-cwdm-y-dwdm-9ed16b22a0a9
- Lozano, J. O. (22 de 08 de 2017). *TELEMEDICIONES*. Recuperado el 25 de 11 de 2018, de http://telemediciones.com/blog/fibra-optica/que-es-fttx-y-sus-aplicaciones/#comments
- Oliván, M. C. (1997). *Nodo (informática)*. Recuperado el 3 de 10 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Nodo_(inform%C3%A1tica)#cite_note-1
- Porto, J. P. (2017). *Definicion*. Recuperado el 5 de 10 de 2018, de https://definicion.de/ancho-de-banda/
- Russell, R. M. (Ed.). (22 de 08 de 2006). Recuperado el 9 de 11 de 2019, de Ventanas al Universo: https://www.windows2universe.org/physical_science/basic_tools/wavelength.html&lang=sp
- SANCHEZ, F. C. (1999). *REDES ATM.* Mexico, Distrito Federal. Recuperado el 09 de 11 de 2019
- *TELEMEDICIONES*. (s.f.). (J. O. Lozano, Productor) Recuperado el 25 de 11 de 2018, de http://telemediciones.com/blog/fibra-optica/que-es-fttx-y-sus-aplicaciones/
- *WIKIPEDIA*. (26 de 12 de 2017). Recuperado el 25 de 11 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Red_%C3%B3ptica_pasiva

- *Wikipedia*. (28 de Junio de 2018). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Achacachi
- *WIKIPEDIA*. (21 de 11 de 2018). Recuperado el 25 de 11 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica
- *WIKIPEDIA*. (28 de 10 de 2018). Recuperado el 26 de 11 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Modo_de_transferencia_as%C3%ADncrona
- *WIKIPEDIA*. (26 de 05 de 2018). Recuperado el 27 de 11 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Terminal_de_red_%C3%B3ptica
- *WIKIPEDIA*. (10 de 10 de 2018). Recuperado el 27 de 11 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/GPON
- *WIKIPEDIA*. (03 de 11 de 2018). Recuperado el 27 de 11 de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Decodificador_de_televisi%C3%B3n

ANEXOS

Encuestas

1.- ¿Conoce los nuevos servicios que presta la empresa Entel, como es la tecnología GPON que ofrece servicios de banda ancha?

Si	
No	

2.- ¿Estaría de acuerdo en tener los servicios de banda ancha como son Internet, Voz IP,

Si	
No	

3.- ¿Está de acuerdo en pagar el monto de 143 Bs por el servicio de Internet por una velocidad de 4 Mbps cada mes?

Si	
No	

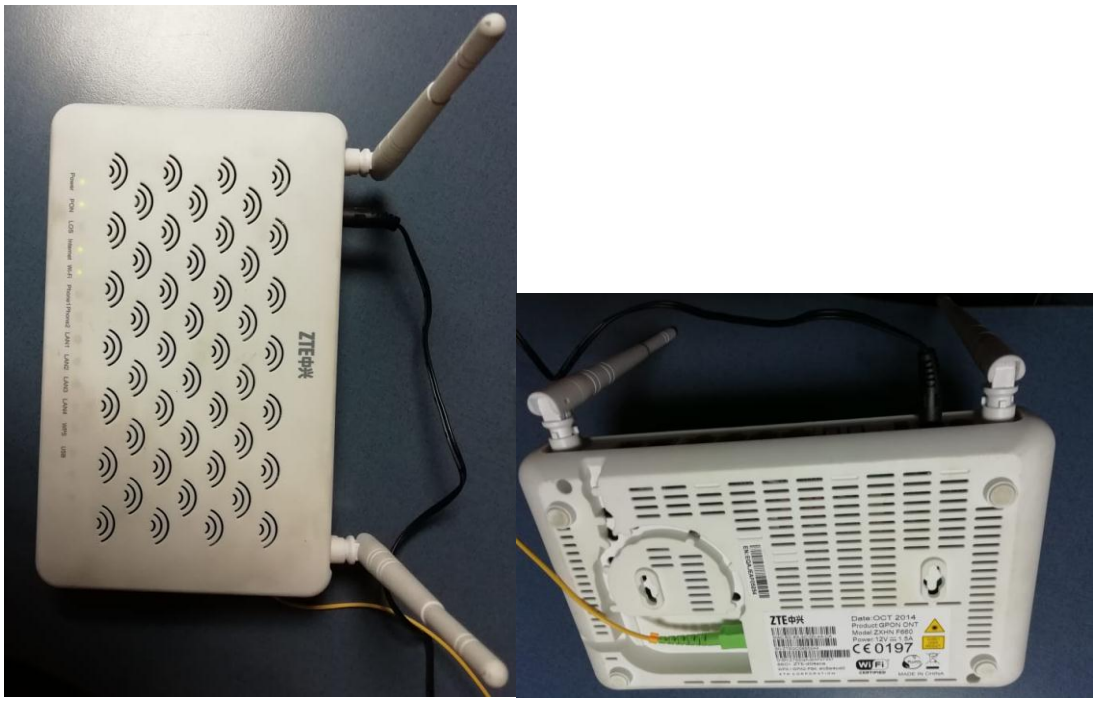
Pregunta Nº 4

4.- ¿Está de acuerdo en pagar por el plan esencial donde te brindan una velocidad de 5 Mbps de Internet, fibra Tv, y asignación a tu móvil de Entel de 1000 MB, 30 minutos Whapsap ilimitado por 210 Bs mes?

Si	
No	

5.- ¿Cree usted que las nuevas tecnologías como es el GPON - FTTH benefician a las personas para su integración y mejoran la calidad de vida?

Si	
No	



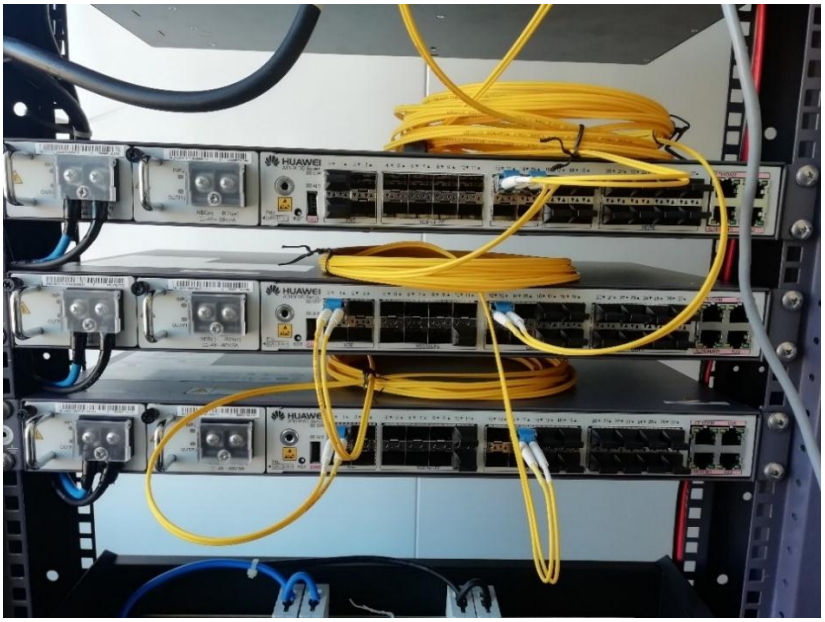
ANEXO FIGURA 1: EQUIPO TERMINAL ONT (ZTE)
Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se observa el equipo de marca Huawei en su configuración XPIC el mismo está funcionando de modo que en caso haya interferencia en uno de los canales generalmente la polarización de la antena de manera Horizontal es el que tiende a presentar mayores interferencias como es la lluvia, por tal razón solo la polarización vertical estará funcionando, pero no caerá el enlace solo que esto representara que el tráfico baje su capacidad.

ANEXO FIGURA 2: EQUIPOS DE RADIO MARCA HUAWEI MODELO RTN 950

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 podemos observar que estos equipos se encuentran conectados entre si simulando un enlace de fibra óptica de gran velocidad. Por lo que cuando estos pierden la comunicación el radio enlace que se encuentra en la figura 2 debería tomar el trafico que pasa por estos enlaces de fibra.



ANEXO FIGURA 3: EQUIPOS DE ENLACE DE FIBRA MARCA HUAWEI ÓPTICA ATN 910B
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se encuentra los equipos OSN 1800 que envían el tráfico por la red DWDM hacia los equipos ATN910 B que se encuentran en la figura 3 que son de menor capacidad.

ANEXO FIGURA 4: EQUIPOS DE ENLACE DE FIBRA MARCA HUAWEI
ÓPTICA OSN 1800
Fuente: Elaboración propia

ANEXO FIGURA 5: MAQUETA ENLACE GPON - INSTALACIONES HUAWEI
Fuente: Elaboración propia