



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

Guía Digital para el análisis y resolución de fallas en la Operación & Mantenimiento de una Red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs.

AUTOR:

Wilfrido Patricio Cruz Valverde

TUTOR:

Ing. Fidel David Parra Balza, (PhD)

QUITO - ECUADOR

AÑO: 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El abajo firmante en la calidad de estudiante de la Carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones declara que los contenidos de este Trabajo de Titulación, requisito previo a la obtención del Grado de Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones, son absolutamente originales, auténticas y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito D.M. agosto de 2018.

Wilfrido Patricio Cruz Valverde

C.C. 060267413-7

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “Guía Digital para el análisis y resolución de fallas en la operación & mantenimiento de una red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs,” presentado por el Sr Wilfrido Patricio Cruz Valverde, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Agosto del 2018

TUTOR

.....

Ing. Fidel Parra, (PhD)

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de titulación en primera instancia la dedico a Dios por permitirme llegar a cumplir este logro, a mi familia por todo el amor y apoyo incondicional que me han brindado, al Ing. Fidel Parra, (PhD). por su dedicada labor en la culminación del presente proyecto, a todos mis compañeros y maestros por haber formado parte de cada etapa hasta llegar a la culminación de esta meta.

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Margarita.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Wilfrido.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hijos ARIANA y TOMCRUZ.

El mejor regalo que Dios me bendijo, por brindarme a través de su amor el más grande aliciente para seguir adelante en la lucha constante por cumplir cada uno de mis sueños, por cada día contagiarme de su alegría y ganas de vivir y enseñarme a descubrir el amor más puro y sincero, el de un padre por sus hijos. Les amo hijos míos.

Patricio Cruz Valverde

INDICE DE CONTENIDO

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes de la situación objeto de estudio	2
Planteamiento del problema	3
Justificación	5
Objetivo general:	5
Objetivos específicos:.....	6
Alcance	6
DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS.....	7
1: Fundamentación teórica.....	7
2: Marco metodológico.....	7
3: Propuesta	7
4: Implementación	7
CAPÍTULO 1	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
1.1 Descripción del estado del arte.....	8
1.2 ACCESO DE BANDA ANCHA.....	10
1.2.1 La tecnología XDSL.....	11
1.2.2 Línea de abonado digital asimétrica (ADSL).....	12
1.2.3 Línea de abonado digital asimétrica 2 (ADSL2).....	13
1.2.4 Línea de abonado digital asimétrica 2+ (ADSL2+)	13
1.2.5 Redes de acceso de banda ancha para ISP'S	14

1.3 CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE FIBRA ÓPTICA	15
1.3.1 Ventajas de las fibras ópticas	16
1.3.2 Desventajas de las fibras ópticas	17
1.3.3 Clasificación de las fibras ópticas	17
1.3.4 Norma ITU-T G.984.....	19
1.4 REDES PON: RED ÓPTICA PASIVA (PASSIVE OPTICAL NETWORK).....	20
1.4.1 Estructura de la red PON	22
1.4.2 Operación de tecnología PON	22
1.4.3 Arquitectura FTTH GPON	23
1.5 TECNOLOGÍAS DE REDES PON	24
1.5.1 Redes ópticas pasivas ATM (APON).....	24
1.5.2 PON de Banda Ancha (BPON)	25
1.5.3 Gigabit red óptica pasiva (GPON).....	26
1.5.4 Gigabit ethernet red óptica pasiva (GEAPON)	28
1.5.5 Ethernet red óptica pasiva (EPON)	28
1.6 GENERALIDADES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN).....	29
1.6.1 Elementos activos de la red	29
1.6.2 Elementos pasivos (ODN)	30
1.6.3 Armarios (FDH)	32
1.6.4 Caja de distribución óptica (NAP).....	33
1.8.5 Red de distribución.....	34
CAPÍTULO 2	36
MARCO METODOLÓGICO	36
2.1 Metodología de la investigación	36
2.1.1 Instrumentos de recolección de datos	38
2.1.2 Procesamiento y análisis.....	38
2.1.3 Metodología de trabajo	39
CAPÍTULO 3	41
PROPUESTA	41
3.1 Diseño de la guía digital	41
3.1.1 Guía digital	42
3.1.2 Tabla de Excel	42
3.1.3 Módulos que lo componen la guía digital	43
3.1.4 Aspectos técnicos de la guía digital.....	43

3.2 APORTES DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.2.1 Archivo de infraestructura.xlsx.	45
3.2.2 Asignación de puertos en el gestor U2000	45
3.2.3 Registro de la información de puertos asignados	45
3.2.4 Protocolo de pruebas	46
3.3 PRESUPUESTO ÓPTICO	47
3.3.1 Ejemplo de presupuesto de potencia en GPON.....	49
3.3.2 Pruebas de potencia de transmisión en ODF (dbm)	51
3.3.3 Pruebas de potencia de recepción en NAP (dbm)	52
3.3.4 Ventajas de la guía digital.	53
3.3.5 Análisis de factibilidad	53
CAPÍTULO 4	56
IMPLEMENTACIÓN	56
4.1 Desarrollo	56
4.1.1 Caracterización de elementos de la red GPON.....	56
4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	65
4.2.1 Pruebas de operación & mantenimiento de una red GPON desde la NAP hasta el cliente.	65
4.2.2 Caracterización de la red GPON fibra óptica	65
4.2.3 Pruebas de activación de servicios en redes GPON	71
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
4.3.1 Resolución de fallas de capa física en la red GPON	72
4.3.2 Resolución de fallas en capa de servicios.....	73
4.3.3 Guía digital para el análisis y resolución de fallas en la red GPON.....	73
4.3.4 Implementación del software del guía digital.....	75
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura de conexión ADSL	13
Figura 1.2 Espectro de frecuencias de las tecnologías ADSL.....	14
Figura 1.3 Descripción general de los cables de fibra óptica	18
Figura 1.4 Código de colores cable fibra óptica.....	20
Figura 1.5 Diagrama lógico de una red GPON	21
Figura 1.6 Arquitectura RED GPON.....	23
Figura 1.7 Topología PON	28
Figura 1.8 Elementos de la ODN	29
Figura 1.9 OLT	30
Figura 1.10 ONT	30
Figura 1.11 Elementos de la ODN.....	31
Figura 1.12 Distribuidor o repartidor ODF	31
Figura 1.13 Armario FDH	32
Figura 1.14 Caja de distribución óptica NAP.....	33
Figura 1.15 Caja de distribución principal FDB	33
Figura 1.16 Caja de distribución secundaria FDF	34
Figura 1.17 Splitters	35
Figura 3.1 Diagrama de bloques de la guía digital	42
Figura 3.2. Diagrama de bloques de tabla de Excel	42
Figura 3.3 Registro de asignación de puertos.....	45
Figura 3.4 Diagrama, presupuesto óptico.....	47
Figura 3.5 Parámetros de TX y RX de la red GPON en el gestor.....	48
Figura 3.6 Diagrama de GPON	49
Figura 3.7 Pruebas de potencia en ODF.....	51
Figura 3.8 Pruebas de potencia en NAP	52
Figura 4.1 Elementos que intervienen en el presupuesto óptico	56
Figura 4.2 Divisor óptico 1x2.....	57
Figura 4.3 Divisor óptico 1x8.....	58
Figura 4.4 OLT Huawei	60
Figura 4.5 Configuración de conexiones para la prueba de TX del OLT	61
Figura 4.6 Potencia de TX (Downstream) del OLT a 1490 [nm].....	61
Figura 4.7 Configuración de conexiones para la prueba de RX del OLT	63
Figura 4.8 Potencia de RX (Upstream) del OLT a 1310 [nm]	63
Figura 4.9 Configuración de conexiones para visualización de fibra.....	66
Figura 4.10 Conector para ONT del cliente con algunas partículas de suciedad	66
Figura 4.11 Configuración de conexiones para medir transmisión en ONT	67
Figura 4.12 Potencia de TX (Upstream) de la ONT del cliente a 1310 [nm].....	68
Figura 4.13 Configuración de conexiones para medir recepción en ONT	69
Figura 4.14 Potencia de RX (Downstream) de la ONT del cliente a 1490 [nm].....	69
Figura 4.15: Conector para ONT del cliente limpio.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Servicios XDSL.....	12
Tabla 1.2 Características de la fibra óptica.....	15
Tabla 1.3 Ventajas de las fibras ópticas	16
Tabla 1.4 Desventajas de las fibras ópticas	17
Tabla 1.5 Clasificación de las fibras ópticas	18
Tabla 1.6 Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x).....	19
Tabla 1.7: Arquitecturas FTTX	21
Tabla 3.1 archivo de infraestructura.xlsx.	45
Tabla 3.2 Registro de la información de puertos asignados.	45
Tabla 3.3 Potencia RX en splitter/NAP (dBm)	46
Tabla 3.4 Presupuesto óptico.....	48
Tabla 3.5 Archivo de infraestructura para ampliaciones red GPON.....	49
Tabla 3.6 Análisis técnico de la guía digital.....	54
Tabla 3.7 Análisis técnico de resultados para la guía digital.....	55
Tabla 4.1 Pérdidas por inserción del divisor 1x2	58
Tabla 4.2 Pérdidas por inserción del divisor óptico 1x2	59
Tabla 4.3 Especificaciones del puerto GPON de OLT.....	60
Tabla 4.4 Potencias de transmisión del OLT.....	62
Tabla 4.5 Resultado de las mediciones de TX en OLT	62
Tabla 4.6 Potencias de recepción del OLT	64
Tabla 4.7 Resultado de las mediciones de RX en OLT.....	64
Tabla 4.8 Especificaciones técnicas de equipos de certificación.	65
Tabla 4.9 Especificaciones del puerto GPON de ONT Huawei EchoLife HG8245	67
Tabla 4.10 Potencias de transmisión de la ONT del cliente.....	68
Tabla 4.11 Resultado de las mediciones de TX de la ONT del cliente	69
Tabla 4.12 Potencias de recepción de la ONT del cliente	70
Tabla 4.13 Resultado de las mediciones de RX del ONT del cliente.....	70
Tabla 4.14 Indicaciones de los LEDs del ONT	71
Tabla 4.15 Valoración del estado de los servicios para el cliente	72
Tabla 4.16 Guía digital de fallas en la red GPON.....	73

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	80
ANEXO 2	81
ANEXO 3	82
ANEXO 4	83
ANEXO 5	84
ANEXO 6	85
ANEXO 7	86
ANEXO 8	89

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo, es brindar a los fiscalizadores, y nuevos proveedores de servicios de voz, video y datos en el país (ISP), un guía digital donde se pueda encontrar el procedimiento a seguir para la resolución de cualquier caso que implique afectación con un cliente de la Red GPON. Con el objetivo de minimizar los errores que se evidencian durante la ejecución de este proceso dentro de una red óptica. Lo cual garantiza el óptimo funcionamiento de la red. El trabajo se realiza con métodos empíricos en el campo mediante procesos de caracterización, medición y análisis de resultados, factores que permitirán identificar que las mediciones estén dentro del rango establecido con el uso de herramientas y equipos debidamente configurados y actualizados. Se establece la necesidad de una regulación efectiva en certificación de una red GPON que traiga máximos beneficios para la empresa CNT y proveedoras de servicio de internet del país y satisfaga la demanda de ancho de banda del cliente final. Se busca garantizar la aplicación de nuevas tecnologías que ayuden a optimizar el uso de la infraestructura orientada hacia la convergencia de servicios, a la implementación de Redes de Nueva Generación y hacia la inversión en sectores estratégicos.

Palabras clave: FTTH; GPON; certificación; caracterización; medición, análisis.

ABSTRACT

The main objective of this work is to provide auditors, and new providers of voice, video and data services in the country (ISP), a digital guide where you can find the procedure to be followed for the resolution of any case that involves affectation with a client of the GPON Network. With the aim of minimizing the errors that are evident during the execution of this process within an optical network. Which guarantees the optimal functioning of the network. The work is carried out with empirical methods in the field through processes of characterization, measurement and analysis of results, factors that will allow identifying that the measurements are within the established range with the use of tools and equipment properly configured and updated. It establishes the need for an effective regulation in certification of a GPON network that brings maximum benefits for the CNT company and internet service providers in the country and satisfies the bandwidth demand of the end customer. The aim is to guarantee the application of new technologies that help optimize the use of infrastructure oriented towards the convergence of services, the implementation of New Generation Networks and investment in strategic sectors.

Keywords: FTTH; GPON; certification; characterization; measurement, analysis.

INTRODUCCIÓN

Los dinamismos cotidianos a nivel social demandan que las personas estén interrelacionadas con el manejo del internet en el ámbito educativo, profesional y en el diario vivir, a través de algún equipo que permita navegar en la web. A medida que los procesos tecnológicos mejoran, los beneficios para el usuario aumentan, debido a la importancia de las telecomunicaciones, que permiten estar interconectados en los hogares y lugares de trabajo, lo que conlleva a un avance de las tramas de comunicaciones, como es el caso de redes de última generación la que permite gozar de servicios de voz, video y datos a mayores velocidades en la transmisión de información, generando un mejor ancho de banda para que el usuario pueda realizar varias actividades en tiempo real y con cyber seguridad.

En ese sentido, la tecnología (GPON o Gigabit-capable Passive Optical Network en inglés); (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) ofrece mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte para servicios IP y una especificación completa y adecuada para ofrecer todo tipo de servicios. Esta tecnología significa, para las operadoras, más ingresos, menos complejidad, más flexibilidad y capacidad para acomodar los servicios actuales y futuros con los que se podrán mantener y captar más usuarios.

Por la creciente demanda de servicios de accesos de red GPON por fibra óptica para los servicios (voz, video y datos), en la actualidad existe documentación para el diseño e implementación de redes GPON para una cierta localidad o sector, solo cambia el sector o la población donde va a ser implementada, es decir una red GPON por fibra óptica desde la central Telefónica ODF hacia la NAP (Network Access Point) o caja de distribución.

Actualmente la Corporación Nacional de Telecomunicaciones(CNT), cuenta con un servicio de internet por medio de red de cobre, radio enlaces y fibra óptica siendo este último limitado, con respecto a la rapidez de instalación y al oportuno mantenimiento, lo que causa varios inconvenientes en la mayoría de urbanizaciones donde se hace el establecimiento de redes GPON. Para muchos usuarios, la conexión desde un punto de acceso de la red es a simple vista sencilla, por lo que el problema se suscita cuando la instalación tarda más de

dos horas, tiempo suficiente para colocar el servicio de internet, por lo que la mayoría de usuarios prefieren servicios más rápidos y sin fallas recurrentes para una navegación óptima en los hogares debido a la necesidad de conectarse de manera fluida al internet por distintos motivos como video llamada, tele trabajo, tele educación, entre otros servicios.

Las redes GPON son atractivas por la velocidad de navegación que ofrecen, pero también debido a que cubren grandes distancias desde la central hasta el usuario, el problema de estas redes es que en la mayoría de empresas proveedoras de internet a través de fibra no cuentan con guías que faciliten la conexión y el mantenimiento de las mismas en caso de avería. Otro de los problemas que se presentan es la poca experiencia de los técnicos, la que no permite agilizar el proceso en caso de imprevistos de la red, es por estos motivos que es necesario la creación de una guía digital que contenga información que ayude, facilite y capacite a los técnicos de la CNT a instalar de manera óptima y segura redes de este tipo, reduciendo tiempos que ayudarían a la atención de más usuarios.

Antecedentes de la situación objeto de estudio

Con la aparición de los sistemas de comunicación, se abre paso a la invención del telégrafo que en esa instancia era la única forma de comunicarse mediante señales eléctricas emitidas a través de cables que estaban conectados entre dos puntos utilizando el código Morse, para interpretar la información, inventos que abrieron paso a nuevas ideas, pero con fundamentos ya marcados en los sistemas anteriores. Es así que en el año de 1969 nace ARPANet (Advanced Research Projects Agency Network o Red de la Agencia para los Proyectos de Investigación Avanzada de los Estados Unidos), lo que da lugar a la primera conexión entre dos ordenadores ubicados en Standford y UCLA. (Universidad de California, Los Ángeles), La primera aplicación en telecomunicaciones fue el telégrafo, luego surge el teléfono.

Desde la aparición del internet y con esto el envío de e-mail, se aplicó el sistema de redes interconectadas mediante protocolos TCP/IP, (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet, lo que da lugar a que este servicio se convierta en una herramienta importante para la población, por tal motivo las industrias proveedoras de esta tecnología han permitido que estos sistemas sean

mejorados, de tal modo que actualmente sean capaces de funcionar a través de un haz de luz conocido técnicamente como fibra óptica, mejorando la capacidad de banda ancha y procesamiento de datos, mediante señales digitales.

En este sentido, se han realizado varios estudios que señalan la importancia de validar redes de fibra óptica al momento de su instalación, para que el servicio sea eficiente y confiable, de esta manera el cliente se mostrará satisfecho con el servicio y los datos que se procesan a través de la red llegarán con exactitud a su destino.

Las guías técnicas surgen con la necesidad de instalar redes de acceso a internet sin errores, de manera precisa y en el menor tiempo posible. Para las personas encargadas de la instalación y mantenimiento de este tipo de redes, es importante poseer un catálogo que les indique parámetros técnicos puntuales cuando la red requiera instalarse en un domicilio, oficina o lugar requerido por el usuario y en caso de avería sea revisada por el experto en el tema.

Planteamiento del problema

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones en la actualidad es la empresa pública de internet del Ecuador, opera servicios de telefonía fija local, regional e internacional, acceso a internet estándar y de alta velocidad (Dial-UP, DSL, Internet móvil 3g y 4g LTE), televisión satelital y telefonía móvil, por lo que la calidad de servicio debe ser óptima.

Como parte del proceso de instalación y mantenimiento es necesario seguir una serie de pasos con el fin de satisfacer las necesidades del usuario que solicitan el servicio de telecomunicaciones, luego de ello se debe pasar un registro de la operación realizada adjuntando fotografías, horas de instalación por lo que los tiempos de trabajo son demasiados altos. El mantenimiento de una red también conlleva una serie de técnicas que al no poseer un catálogo que ayude a dar con el daño de manera concreta da lugar a tiempos muertos, por lo que surgen necesidades que aporten al crecimiento de la empresa y una de ellas es una guía técnica que facilite tanto la instalación como el mantenimiento de una red de fibra óptica de manera clara, concisa y rápida, con resultados positivos.

La actividad principal de la CNT es proveer servicios de banda ancha sin falla alguna y la recompensa será un pago del usuario para la compañía, siendo esto el ingreso principal de la agencia, por lo que su lema es mantener al cliente satisfecho mediante una buena asistencia en la prestación del internet.

Para que la calidad del trabajo sea eficaz es importante poseer técnicos capacitados y con mente abierta al aprendizaje diario por lo que parte de ese proceso es facilitar una guía que aporte a la rapidez en el trabajo que realiza el personal, al momento de llevar el servicio desde la NAP (Network Access Point) hasta el domicilio o lugar de trabajo del usuario que lo solicita.

Debido a la necesidad de mejorar el proceso y por quejas generadas por los clientes, surge la necesidad de crear una guía digital que a más de aportar con la capacitación de los técnicos cuide el medio ambiente, ya que todos los informes que hoy en día son pasados luego de la instalación no generan ayuda para el momento de un mantenimiento en la red.

El objetivo principal está basado en la etapa de instalación y mantenimiento de la red de fibra óptica, al que la guía didáctica deberá acoplarse

Con la implementación de la guía la empresa podrá:

- Mejorar los tiempos de instalación de la fibra óptica
- Hacer el mantenimiento de la red de manera acertada
- Capacitar a los técnicos
- Mantener clientes e incrementar ingresos
- Calidad y excelencia en el servicio

Por lo antes expuesto se plantea las siguientes interrogantes:

¿Cómo analizar las fallas en la operación & mantenimiento (Unidad de O&M Plataformas de Acceso, CNT) de una red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs?

¿Qué tipo de fallas se pueden presentar en una instalación en la red GPON?

¿Cómo establecer un guía digital?

¿De qué manera validar la utilidad de la guía digital?

¿Cómo brindar a los fiscalizadores, y nuevos proveedores de servicios de voz, video y datos en el país (ISP), un guía digital donde se pueda encontrar el procedimiento a seguir para la resolución de cualquier caso que implique afectación con un cliente de la Red GPON

Justificación

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), en los últimos años ha generado una serie de malos entendidos de parte de los clientes con respecto al pésimo servicio que presta a través de sus redes de fibra óptica, de donde surgen pensamientos negativos de un mal servicio de internet, dando como resultado la pérdida de clientes y el aumento de usuarios a favor de otras operadoras, motivo por el cual surge la necesidad de un cambio radical dentro del proceso de asistencia técnica en donde se enfoca tener un personal capacitado, que sea capaz de resolver las fallas en el sistema de una manera rápida y eficiente.

Por tal motivo el proyecto se justifica desde el punto de vista técnico debido a que al incrementar una guía de uso para el técnico se podrá detectar anomalías en una red desde la NAP hasta el cliente, tecnológicamente una guía digital reduce notablemente tiempos de repuesta en la operación & mantenimiento de una red GPON.

Desde el punto de vista económico aporta al crecimiento de la empresa pública ya que se tendrán clientes satisfechos, lo que generará ingresos por el servicio de calidad que la operadora ofrecerá en el mercado de las redes de fibra óptica y el aporte al servicio público concibe un ingreso para el país.

Objetivo general:

Analizar las fallas en la operación & mantenimiento de una red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs.

Objetivos específicos:

- Listar todas las fallas que se puedan presentar en una instalación en la Red GPON.
- Establecer un guía digital.
- Validar la utilidad de la guía digital.
- Brindar a los fiscalizadores, y nuevos proveedores de servicios de voz, video y datos en el país (ISP), un guía digital donde se pueda encontrar el procedimiento a seguir para la resolución de cualquier caso que implique afectación con un cliente de la Red GPON.

Alcance

El proyecto de investigación tiene como finalidad desarrollar una guía digital para el análisis y resolución de fallas en la operación & mantenimiento de una red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs, con el propósito de detectar de una manera fluida averías que se produzcan en el sistema y den respuesta inmediata a la misma de calidad y eficiencia, mejorando de esta forma la satisfacción del cliente y por tanto evitar la pérdida de los mismos y de esta manera aumentar ingresos para la empresa.

Esta guía constará en un programa creado en HTML+ CSS + JavaScript y una aplicación (tabla Excel) resumida de toda la teoría del presupuesto óptico que se requiere para la instalación de fibra óptica, tanto como el proceso de la práctica, en la hoja de cálculo se podrá ingresar datos (valores medidos de potencia dBm) tanto para la transmisión como para la recepción, el personal técnico al detectar inconvenientes en la instalación, debe proceder a las pruebas de validación las que se realizarán con la tabla en indicada, con esta confirmación los resultados serán positivos y automáticamente se sincronizaran a la ONT. Para realizar la investigación en curso se tomó como referencia la teoría del especialista en redes GPON del autor Damián R. (2016), quien hizo el análisis y resolvió fallas en la instalación de redes de este tipo. Para el caso de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se hará el diseño de la guía digital en un tiempo comprendido entre mayo-agosto 2018.

DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

1: Fundamentación teórica

- Descripción del estado del arte
- Marco teórico

2: Marco metodológico

- Metodología de la investigación
- Instrumentos de recolección de datos
- Procesamiento y análisis
- Metodología de trabajo

3: Propuesta

- Diseño de la guía digital
- Módulos que lo componen la guía digital

4: Implementación

- Desarrollo
- Pruebas de funcionamiento
- Análisis de resultados

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Se debe tener presente los siguientes conceptos que están relacionados con los equipos que intervienen dentro de la red de acceso GPON de la CNT. Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

1.1 Descripción del estado del arte

A medida que la sociedad crece la tecnología se expande y es necesario estar comunicado con diversas partes del mundo a través de la conectividad a través de la Web, es por ello que varios inventos motivan a los autores a crear más instrumentos que faciliten el enlace a la red.

Prototipos que se han tomado como guía para una nueva investigación y sirvan de aporte al tema planteado, en este sentido se realizó una investigación exhaustiva de otros investigadores relacionados entre ellos se destacan.

Marcelo Abreu (2009), características generales de una red de fibra óptica al hogar. autor describe un alto nivel las características más resaltables de una red FTTH la cual fue pensada para brindar servicio masivo de conectividad con un gran ancho de banda e interconectar usuarios a través de fibra óptica, pero que deben seguir lineamientos como son las topologías que posibiliten llegar con este servicio hasta el hogar del cliente o a lugares donde otras tecnologías no pueden ser instaladas, tomando en cuenta protocolos y estándares usados para el enlace de la fibra, el objetivo principal es que el servicio debe ser de alta gama evitando fallas para quien lo use, bajo lo cual estableció realizar un documento con características de las redes GPON Y GPON.

La utilidad que brinda el proyecto es proveer de información que tiene relación con el análisis de las redes GPON, haciendo una clara redacción de los elementos que interactúan en este tipo de tecnologías, dando una pauta clara para partir con el análisis de la fibra, la

instalación de la fibra óptica es a nivel mundial puesto que los estándares y protocolos, así como las topologías usadas serán las mismas para cualquier instalación, mantenimiento y análisis del sistema.

Por otra parte, Cortés A. (2016), cuya investigación se titula planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios tuvo como objetivo proponer un mejor entendimiento en la planificación y diseño de redes FTTH en combinación con las redes GPON. Para lo cual el autor diseñó un espacio de experimentación con argumentos de las redes de nuevas generaciones, lo que deseaba mostrar era la importancia de las tramas multiservicio, su ancho de banda y bajo que parámetros las operadoras prestan la asistencia al cliente. El escritor al diseñar un documento de la importancia de zonificar los servicios por medio de fibra óptica se refiere a la inversión y el compromiso que la empresa debe tener con el usuario, así como los beneficios que estas acciones traen para con la firma.

El aporte que Cortes brinda con la investigación es conocer las ventajas de poseer una estructura basada en servicios FTTH donde tanto el cliente como la compañía se sientan satisfechos al usar y brindar el servicio. El análisis de una red GPON es de suma importancia y conocer abiertamente la estructura hace que los técnicos que son los encargados del mantenimiento de la acometida sepan la jerarquía por donde deberían empezar a revisar fallas en caso de que las hubieran, o al momento de la instalación tomar en cuenta medidas cautelarias para fallas futuras.

Asimismo, Quisnancela E., Espinosa N. (2016), presentan un artículo certificación de redes GPON, normativa itu g.984.x donde describen métodos que certifiquen redes FTTH con el objetivo de disminuir los errores que se comprueban durante la ejecución de este proceso dentro de una red de fibra óptica. La instalación se basa en estándares y normas técnicas nacionales e internacionales, lo que permite garantizar el óptimo funcionamiento de la red, sin embargo cuando se trabaja en campo los métodos son empíricos como son las mediciones y análisis de rangos que se establece con herramientas y equipos que previo a esto ya se configuran, pero la necesidad de que su funcionamiento sea efectivo da lugar a la creación de una metodología que certifique el proceso de instalación de redes GPON, bajo el uso de la normativa ITU G.938.x, la que avala la calidad y capacidad de transmisión de una red de este tipo.

La ventaja de este proyecto es que ofrece información de la normativa en la arquitectura de una red de fibra, ya que hace una clara acotación de una medida de suma importancia para verificar la eficacia y capacidad con la que debe trabajar una red al momento de transmitir datos. Al definir objetivamente los componentes para el manejo que deben tener los técnicos, aportan a la capacitación de que los procesos no sean solamente empíricos, sino que sean objetivos.

Finalmente León C.(2015), expone en su investigación análisis y diseño de la red FTTH con tecnología gpon para el isp troncalnet en el cantón cañar que hoy en día la demanda en los servicios de telecomunicaciones es extensa haciendo énfasis en el servicio de internet, lo que hace que los especialistas implementen nuevas tecnologías que mejoren la calidad de los servicios, migrando infraestructura antigua con cableado por medio de fibra óptica ya que en pleno siglo XXI un filamento de material dieléctrico innova el mercado con características de calidad y confiabilidad.

En este caso el investigador hizo un análisis para diseñar una red de acceso por medio de fibra óptica, que permitiera ampliar la cobertura del servicio y mejorar el acceso a diferentes aplicaciones a grandes velocidades, con una característica importante dar confiabilidad de servicio.

Troncalnet es un ejemplo de renovación, de infraestructura en una ciudad que aún no ha evolucionado en su totalidad, sin embargo, ya está inmersa en la necesidad de comunicarse a través de la web. Al introducir una nueva tecnología sirve como modelo para establecer normativas que prueben calidad en la prestación de un servicio.

1.2 ACCESO DE BANDA ANCHA

La familia de tecnologías XDSL permite a los operadores de redes telefónicas dar acceso de banda ancha a los usuarios sin tener que cambiar la infraestructura de red existente (el típico par de cobre que forma el bucle de abonado) y desviar el tráfico de datos que se genera fuera de la red telefónica algo que no se consigue cuando se utiliza la red conmutada la RDSI con módems analógicos o adaptadores de terminal. Dado que cada bucle pertenece a

un único usuario, los canales que se proporcionan a los usuarios son dedicados, lo que supone una gran ventaja frente a otra tecnología.

ADSL, es una reciente tecnología de modem que permite enviar simultáneamente tanto voz como datos para la línea telefónica de cobre convencional, sin modificarla. Para ello establece tres canales independientes.

- Un canal para la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico)
- Dos canales de alta velocidad (uno de envío de datos y otro de recepción)

ADSL es una modalidad asimétrica dentro de la familia xDSL (que incluye HDSL, SDSL, SHDSL, VDSL....)que al digitalizar el bucle de abonado permite a transmisión de datos de alta velocidad sobre el par tradicional; así los caudales de trasmisión de los sentidos usuario-red (uplink o upstream) y red-usuario (downlink o downstreams) son diferentes (asimétricos, pudiéndose alcanzar hasta 8Mbits/s en servicio de red de usuario y hasta 640 Kbits/s o algo más, en sentido usuario-red. (PARANINFO, 2003)

1.2.1 La tecnología XDSL

XDSL (digital subscriber lines o líneas digitales de abonado) es un grupo de técnicas que se utilizan para proveer servicio de banda ancha a través de cable de cobre. Las tecnologías XDSL surgieron para obtener que la red de cobre, que actualmente se encuentra instalada para el servicio telefónico, se pueda cambiar adicionalmente en una línea de acceso que nos permita la transportación de datos a una gran velocidad. En XDSL se utilizan módems en ambos extremos de la línea para permitir el flujo de datos.

Los modelos de servicios XDSL son:

- **Simétricos:** La velocidad de downstream (red-abonado) y upstream (abonado-red) son iguales, aquí tenemos: shdsl, sdsl y hdsl.
- **Asimétricos:** la velocidad de downstream (red-abonado) es mayor a la de upstream (abonado-red), aquí tenemos: adsl, vdsl, entre otros.

En la Tabla 1.1 se muestran los diferentes tipos de servicio XDSL:

Tabla 1.1 Servicios XDSL

TIPO	Significado de iniciales	Velocidades Down/Up links	Soporte de voz analógica	Distancia Km.	Esquema de modulación/codificación
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	8Mbps/1Mbps	Si	5.5	DMT ¹ / CAP ²
HDSL	High bit-rate Digital Subscriber Line	1.5-2Mbps/1.5-2 Mbps	No	4.6	2B1Q ³
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	784Kbps/784Kbps	No	6.9	2B1Q
SHDSL	Single – pair High bit- rate Digital Subscriber Line	2.3Mbps/192Kbps	No	6.5	TC-PAM ⁴
VDSL	Very high data rate Digital Subscriber Line	12-52Mbps/6-26Mbps	No	9	QAM
IDSL	ISDN Digital Subscriber Line	144Kbps/144Kbps	No	5.5	2B1Q

Fuente: (Contreras, 2009, pág. 21)

A mayor distancia, menor ancho de banda ya que en grandes distancias aumenta mucho la atenuación y disminuye la relación Señal a Ruido (SNR) del par de cobre. (Malfer P. &, 2009)

A pesar de ser concebido para una variedad de posibles aplicaciones, el objetivo principal del sistema ADSL (Línea de abonado digital asimétrica) hoy en día es brindar acceso a Internet a usuarios residenciales y a pequeñas empresas. Este tipo de abonados generalmente no requiere de un enlace de alta velocidad en sentido ascendente, ya que el carácter de los servicios a los que acceden habitualmente es tal que la cantidad de información que es necesario transmitir desde los servidores hacia los equipos de los usuarios es significativamente mayor que aquella en dirección contraria. (Sternsdorff)

1.2.2 Línea de abonado digital asimétrica (ADSL)

ADSL comparte el par de cobre de la línea telefónica tradicional para la transmisión de datos, por lo cual utiliza frecuencias superiores a la de la banda de voz (4KHz).

Entre las principales características de ADSL se tiene:

- Utiliza frecuencias que llegan hasta 1,1MHz.
- Maneja un rango de frecuencias que permite el uso del servicio telefónico y el servicio de datos sin que se presente interferencia entre ambos.
- Permite mayor caudal en downstream que en upstream

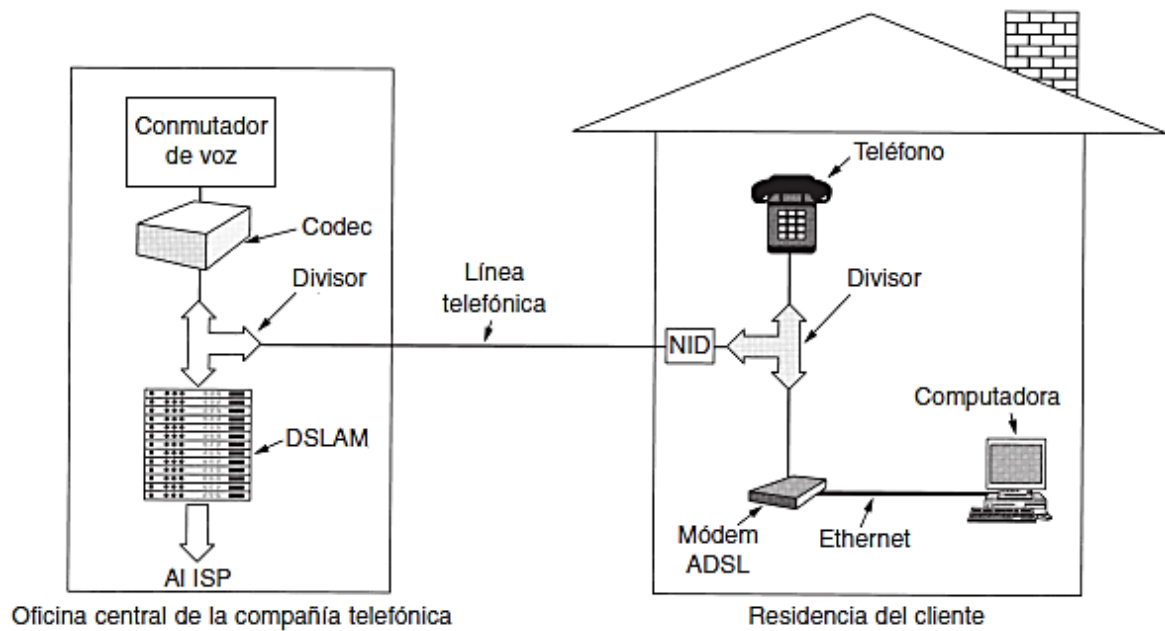


Figura 1.1 Estructura de conexión ADSL

Fuente: (TE Connectivity, 2014)

1.2.3 Línea de abonado digital asimétrica 2 (ADSL2)

ADSL2 es un estándar que presenta mejoras sobre ADSL.

Características:

- Mayor ancho de banda.
- Mayores distancias alcanzadas.
- Mejoras en el manejo de potencia y consumo.

1.2.4 Línea de abonado digital asimétrica 2+ (ADSL2+)

- Evolución sobre ADSL2.
- El ancho de banda utilizado se duplica y llega a 2.2 MHz.
- Velocidad de descarga (downstream) llega hasta 26 Mbps para circuitos cortos.

- Mayor distancia (>5.5 Km aprox.) (Malfer P. &, 2009).

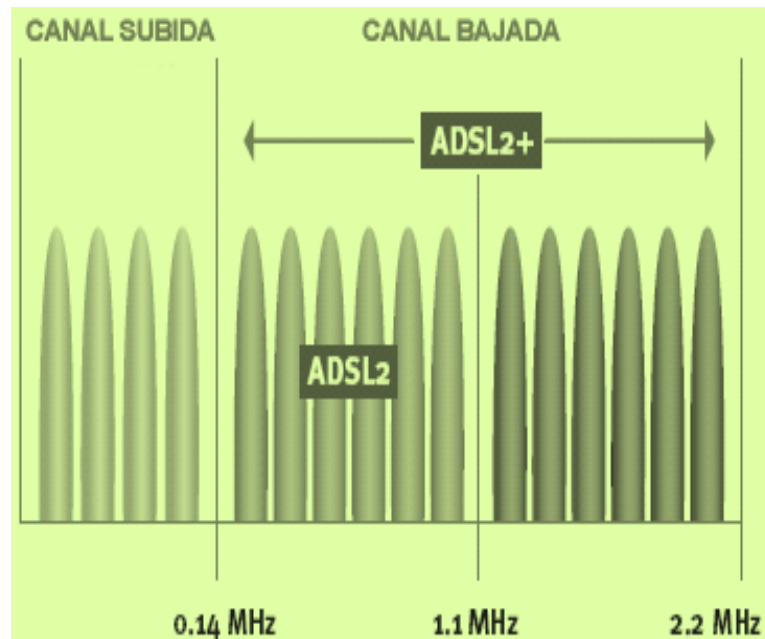


Figura 1.2 Espectro de frecuencias de las tecnologías ADSL

Fuente: (Perea, 2009, pág. 25)

1.2.5 Redes de acceso de banda ancha para ISP'S

Ante la creciente demanda de ancho de banda (más velocidad), y la exigencia más fuerte de las aplicaciones orientadas al Web y la intranet, es necesario desarrollar nuevas tecnologías de última milla que permitan entregarle a clientes residenciales y comerciales, conexiones dedicadas a Internet de alta velocidad y a precios razonables, tanto para el proveedor como para el consumidor. (Cardozo, 2002)

Redes de acceso inalámbrico

Las tecnologías inalámbricas de espectro expandido trabajan en las bandas de uso libre del espectro electromagnético de 2,4 y 5,8 GHz, y permiten obtener velocidades de transmisión en enlaces punto a punto y punto a multipunto de hasta 54 Mbps. Estas redes por su fácil diseño, implementación y bajo costo son las más difundidas.

1.3 CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es una guía de onda dieléctrica cilíndrica, por cuyo interior viaja la información como ondas electromagnéticas, con la particularidad de ser muy cortas, iguales o muy próximas a las ondas de la luz visible, es decir, ondas submilimétricas.

El método de transmisión consiste en modular los parámetros de la luz, conforme a la señal de información y guiarla a su destino a través de un medio óptico que es, en este caso, una fibra muy delgada de vidrio silicoso u otro material adecuado constituido de un núcleo con un índice de refracción n_1 , un manto o envoltura de índice de refracción n_2 y un recubrimiento.

Tabla 1.2 Características de la fibra óptica

Núcleo o alma	Es la porción conductora de luz; es el centro dieléctrico en una fibra óptica, cuyo índice de refracción es mayor que el índice de refracción del medio que la envuelve
Manto o envoltura	Forro exterior o envoltura fundido al núcleo de la fibra.
Recubrimiento	Envoltura de protección mecánica que evita la penetración de rayos de luz.

Fuente: Elaborado por el autor

La luz se propaga en forma recta en un medio cuyo índice refractivo es uniforme, y es refractada o reflejada en la frontera entre dos medios cuyos índices refractivos sean diferentes. Estos tres, rayo recto, rayo refractado y rayo reflejado, se conocen como los tres caracteres básicos de la luz.

1.3.1 Ventajas de las fibras ópticas

Tabla 1.3 Ventajas de las fibras ópticas

Bajas pérdidas de transmisión	Las fibras ópticas tienen pérdidas de potencia mucho más bajas que los cables de pares balanceados o los cables coaxiales que utilizan cobre. Esto significa lograr distancias de transmisión mucho mayores con una misma potencia sin necesidad de repetidores.
Ancho de Banda amplio	Los cables de fibra óptica ofrecen menores pérdidas para una misma frecuencia de transmisión. Esto significa que se puede enviar una mayor (mucho mayor) cantidad de información a través de la fibra óptica en un mismo tiempo.
Tamaño pequeño y menor peso	Los cables de fibra óptica son más pequeños en diámetro y más livianos en peso que sus contrapartes metálicas. Un cable de fibra óptica puede acomodar un mayor número de “núcleos” ya que el diámetro típico de las fibras es de 125 μm y, por ende, mucho menor que los cables metálicos. Esto representa grandes ventajas en el tendido de cables.
Inmunidad a las interferencias electromagnéticas	Debido a que el vidrio no es un material conductor (eléctrico), los cables de fibra óptica no son afectados por la inducción electromagnética externa (cables de alto voltaje, ondas de radio o televisión, etc.).
Aislamiento eléctrico	Debido a que la fibra óptica está construida de vidrio, que es un material aislante (a la electricidad), no es necesario preocuparse acerca de los lazos a tierra, la conversación cruzada de fibra a fibra es muy baja y los problemas de interfaces entre los equipos se ven muy simplificados.
Seguridad de las señales	Con el uso de la fibra óptica se logra un mayor grado de seguridad de las señales. Éstas están bien confinadas dentro de la fibra y cualquier filtración de luz hacia afuera la absorbe el recubrimiento plástico del cable. En aplicaciones donde la seguridad de la información es un factor importante, tales como las militares, financieras, redes de datos, etc., este factor puede ser determinante en la decisión de uso de este medio de transmisión.
Ahorros de recursos	El cuarzo, que es el principal componente de la fibra óptica, tiene menor precio que el cobre. Además, para construir una fibra óptica se requiere una menor cantidad de material que en el caso de los cables metálicos. Esto es un factor importante para los productores de fibra óptica y tiene una relación directa con el precio final del cable.

Fuente: (CNT E.P, 2014, pág. 11)

1.3.2 Desventajas de las fibras ópticas

Tabla 1.4 Desventajas de las fibras ópticas

Conversión electro óptica	Antes de enlazar una señal eléctrica de comunicación a una fibra óptica, la señal debe cambiar al espectro luminoso. Esto se lleva a cabo por medios electrónicos en el extremo del transmisor que dan un diseño propio a la señal de comunicaciones, transformándola en una señal óptica usando un LED o un láser de estado sólido. La señal se dispersa por la fibra óptica y en el extremo receptor de la fibra debe cambiar, nuevamente, en una señal eléctrica antes de ser utilizada.
Caminos homogéneos	Se necesita un camino físico directo para el cable de fibra óptica. El cable se puede enterrar directamente, situar en tubos o disponer en cables aéreos a lo largo de vías homogéneas. Para localizaciones con campos montañosos, o algunos entornos urbanos, pueden ser más adecuados otros métodos de comunicación sin hilos.
Instalación especial	Ya que en la fibra óptica prevalece el vidrio de sílice, son necesarias técnicas especiales para la ingeniería e instalación de los enlaces. Ya no se aplican los métodos usuales de instalación de cables de hilos, como, por ejemplo, sujeción, soldadura y wire-wrapping. También se requiere un aprovisionamiento adecuado para probar y poner en servicio las fibras ópticas.
Reparaciones	Un cable de fibra óptica que ha resultado averiado no es fácil de reparar. Los métodos de reparación requieren un equipo de técnicos con mucha capacidad y experiencia en el manejo del equipamiento. En algunas situaciones puede ser necesario reparar el cable entero. Este problema puede ser aún más complejo si hay un gran número de usuarios que necesitan de ese servicio. Es importante por ello, el diseño de un sistema personal que cuente con rutas físicamente diversas, que permitan enfrentar tales contingencias.

Fuente: (CNT E.P, 2014)

1.3.3 Clasificación de las fibras ópticas

Las fibras ópticas se clasifican fundamentalmente en dos grupos, según el modo de propagación.

Tabla 1.5 Clasificación de las fibras ópticas

Fibras ópticas multimodo	Son aquellas que pueden llevar y transmitir varios modos de propagación.
Fibras ópticas monomodo	Son aquellas que, por su especial diseño, pueden llevar y transmitir en un solo modo de propagación ya que tienen un ancho de banda muy elevado.

Fuente: (CNT E.P, 2014)

La fibra óptica monomodo que se utiliza en la red corresponde a dos modelos:

- En lo que pertenece a los parámetros de las fibras para las necesidades específicas de las redes de acceso, G.652D de UIT-T o mejor dentro del patrón.
- En lo que pertenece a los parámetros de las fibras ópticas monomodo para extensas longitudes o enlaces troncales, para aplicaciones terrestres y submarinas G.655 de UIT-T. (CNT E.P, 2014).

En la Figura 1.3 se muestra descripción general de los cables de fibra óptica, aplicaciones y capacidades.








NOMBRE / IMAGEN	DESCRIPCION	APLICACION	CAPACIDAD
LOOSE TUBE (tubo holgado) 	Las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada. Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central.	Redes acometidas canalizadas, aéreas con sujeción y directamente enterrada.	Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos)
CENTRAL LOOSE TUBE 	Contienen un solo buffer central.	Recomendados para redes acometidas canalizadas	Manejan bajas capacidades de cables hasta 12 hilos.
AEREO S – ADSS 	Puede ser tipo loose tube o central loose tube. No tiene partes metálicas.	Se utiliza para tendidos aéreo.	Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos)
AEREO S – FIGURA 8 	Su nombre se debe a su forma física. Consta de un mensajero de acero pegado al cable. (cubierto por la misma chaqueta)	Se utiliza para tendidos aéreo.	Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos)
CABLE PLANO 	Es de forma ovalada-plana, fácil manipuleo, liviano. Suele ser tipo central loose tube.	Se utiliza para acometidas.	Bajas capacidad de cables hasta 24 fibras
PATCHCORDS 	Se constituye por un hilo de fibra con una chaqueta de 2 mm y 2 conectores en los extremos.	Los patchords conectan el ODF con el equipo activo (uso interior).	2 fibras
PIGTAILS 	El pigtail es un hilo de fibra con una cubierta de 900 μm , sus longitudes son variables y pueden tener cualquier tipo de adaptador.	Se fusiona con un hilo del cable de fibra óptica y conectarse a un adaptador del ODF, tienen conector solo en uno de sus extremos.	1 fibra

Figura 1.3 Descripción general de los cables de fibra óptica

Fuente: (CNT E.P, 2014)

1.3.4 Norma ITU-T G.984

La norma ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6) (ITU-T, 2011) es una recomendación extensa y muy compleja que no solo ayuda a tomar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, sino también proporciona un criterio amplio que busca optimizar los recursos como elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción. A continuación la Tabla 1.6 detalla los parámetros más importantes para certificar una red FTTH GPON. ((PMD), 2011)

Tabla 1.6 Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x)

Norma ITU-T G 984.x			
ITU-T G.984.1 (ITU-T, 2011)	Características generales.	Arquitectura del sistema OAM. Tipos de interfaz: servicio, usuario. Alcance lógico.	Tipos de servicio. Tasa física de transmisión y recepción. Rendimiento del sistema.
ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2012)	Medios físicos dependientes.	Parámetros Class B+	ONT
		Potencia óptica máxima	+ 5 dBm
		Potencia óptica mínima	+0,5 dBm
		Sensibilidad mínima	-27 dBm
ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014)	Convergencia de transmisión	Potencia óptica mínima de sobrecarga	- 8 dBm
		Subcapas GPON TC Rango	Formato de trama Seguridad Ancho de Banda Dinámico. Operaciones, administración y mantenimiento.
ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2011)	Gestión ONT, especificación de la interfaz de control.	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.	
ITU-T G.984.5 (ITU-T, 2014)	Mejoramiento de banda.	Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT.	
ITU-T G.984.6 (ITU-T, 2012)	Mayor alcance.	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.	

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Los cables de fibra óptica para Feeder y distribución deberán cumplir la norma ITU-T G.652D. Los cables de fibra óptica para dispersión y distribución interna deberán cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2.

A continuación, en la Figura 1.4 se muestra la identificación de los hilos del cable de fibra óptica en función de la Norma TIA/EIA 598:

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

Figura 1.4 Código de colores cable fibra óptica

Fuente: (TE Connectivity, 2014)

1.4 REDES PON: RED ÓPTICA PASIVA (PASSIVE OPTICAL NETWORK)

El concepto de red óptica pasiva (PON) fue propuesto originalmente por investigadores Aguilar, en el año 2013, con el ánimo de disponer de un tipo de red FTTH que fuese económicamente viable y, a la vez, lo suficientemente flexible como para acomodar nuevos servicios en la medida que fueran apareciendo.

Aunque los esfuerzos iniciales se centraron en demostrar la paridad en cuanto a costo con respecto a otras infraestructuras, basadas en el uso de cables de cobre al transportar

telefonía básica y servicios de banda estrecha (TPON o “Telephony over PON”), pronto quedó claro que dicho concepto era válido para poder soportar servicios de banda ancha basados en el transporte de señales ATM, dando lugar a las denominadas redes APON (ATM – PON). (Séptima, 2004)

Las redes PON (Passive Optical Network) están diseñadas para brindar servicios que requieren un gran ancho de banda como, por ejemplo, la IPTV o televisión de alta definición. “Estas redes permiten brindar servicios Triple Play (voz, datos y video) con velocidades de acceso mayores a 50Mbps, para el Internet, con bajos costos de mantenimiento y operación”. Para llevar la fibra óptica lo más cerca posible del usuario, han surgido las Arquitecturas FTTX (Fibra hasta “X”, donde “X” es sustituida por el lugar donde la fibra es llevada) que reducen el uso de cobre. (Malfer P. &., 2009)

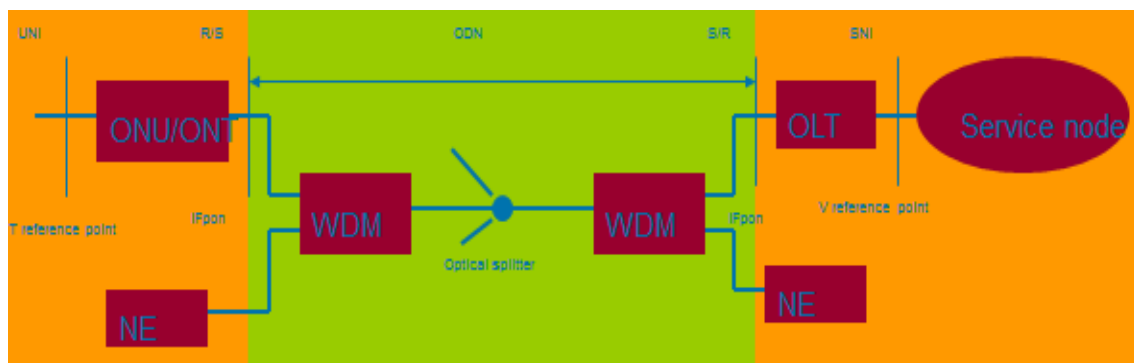


Figura 1.5 Diagrama lógico de una red GPON

Fuente: (TE Connectivity, 2014, pág. 13)

Entre las Arquitecturas FTTX se pueden citar:

Tabla 1.7: Arquitecturas FTTX

FTTH (Fiber to the Home)	Fibra hasta la casa
FTTB (Fiber to the Building)	Fibra hasta el edificio
FTTA (Fiber to the Apartment)	Fibra hasta el departamento
FTTC (Fiber to the Curb)	Fibra hasta la acera
FTTCa (Fiber to the Cabinet)	Fibra hasta la cabina

Fuente: Elaborado por el autor

La red PON (Red Óptica Pasiva), es la red punto multipunto que utiliza elementos pasivos desde la oficina central hasta el usuario, lo cual se presenta como atractivo y prometedor para ser utilizada como red de acceso para los ISP'S en comparación con las diferentes alternativas presentadas en este capítulo, sumándole a ello las diferentes posibilidades de las altas capacidades de sus canales tanto ascendentes como descendentes, siendo estos simétricos y asimétricos que sirven para transmitir la información como puede ser voz, datos y video al mismo tiempo cumpliendo la característica de redes convergentes, utilizando el medio de transmisión fibra óptica desde el punto de origen hasta el cliente con cobertura de hasta 20 kilómetros sin la utilización de amplificadores, y de fácil escalabilidad.

El nacimiento de las arquitecturas de redes PON da sus inicios en el año 1998 cuando el grupo de estudio 15 ITU empieza a desarrollar la recomendación ITU-T G.983.1, se acuña los términos de BPON y APON, seis años después en el 2004 la IEEE libera el estándar EPON, y en el año 2007 se empieza a trabajar en 10 Gigabit Ethernet PON liberando el estándar ITU-T G.984.5 43

1.4.1 Estructura de la red PON

La arquitectura de las redes PON, consiste en un terminal de línea óptica (OLT), localizado en la oficina central, unidades de red ópticas (ONU'S) situadas en cada uno de los abonados y como infraestructura de la red de acceso que se encuentra entre estas dos la ODN (Red de Distribución Óptica) como se presenta en la figura número 1.6

1.4.2 Operación de tecnología PON

El sistema de la red PON necesita interfaces que operen de manera bidireccional tanto para downstream y upstream. En el canal descendente la red se comporta como topología punto a multipunto por la división realizada mediante los splitter's y esta transmisión es garantizada por TDM, cada ONU filtra la información que es enviada por la OLT de manera continua, de tal manera que accede a la información que le corresponde. (Aguilar, 2013)

1.4.3 Arquitectura FTTH GPON

En la figura 1.6 muestra los elementos que forman la arquitectura de una red FTTH GPON la cual consiste de:

- **OLT:** Terminal de Línea Óptico (optical line terminal) ubicado en la oficina central.
- **ODN:** Red de Distribución Óptica (optical distribution network) se compone de la red troncal o feeder, red de distribución y red de dispersión.
- **ONT:** Terminales de Red Ópticos (optical network terminals) también conocidas como **ONU** (optical network unit)
- , se encuentran en las instalaciones del usuario final y presentan las interfaces hacia los dispositivos. (Donoso, 2011)

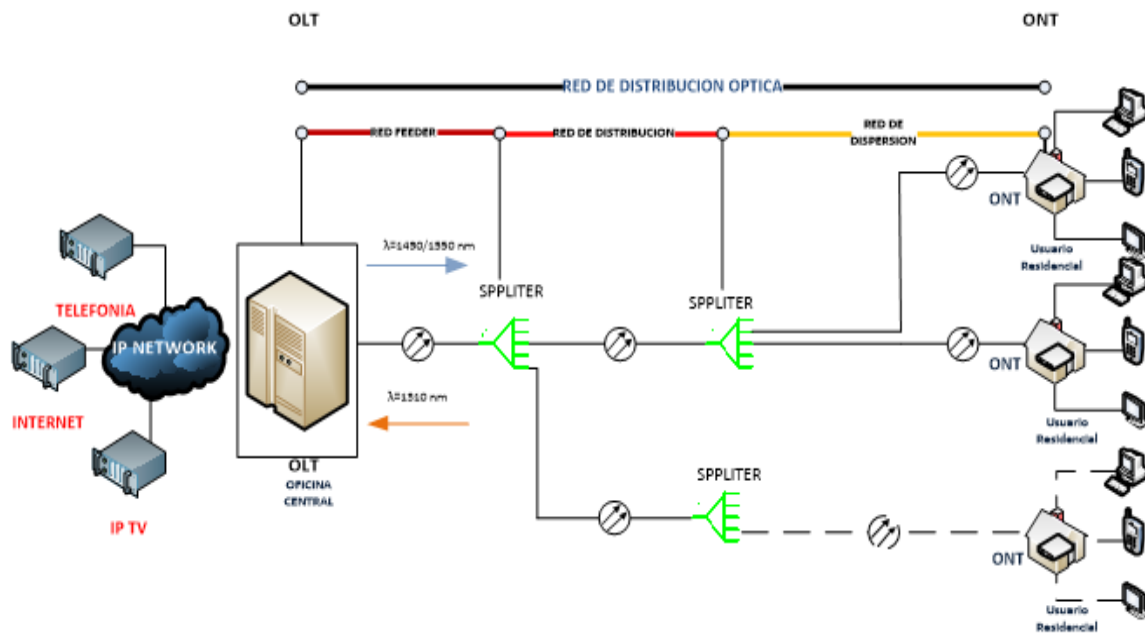


Figura 1.6 Arquitectura RED GPON

Fuente (Donoso, 2011)

1.5 TECNOLOGÍAS DE REDES PON

En respuesta a la cada vez mayor demanda de ancho de banda y redes avanzadas servicios de residencial, así como a los clientes empresariales, las redes ópticas pasivas (PON) en la última década se han convertido en una tecnología de acceso madura que oferta flexibilidad y amplia cobertura.

PON emplea un (P2MP) arquitectura física de punto a multipunto, en esta arquitectura, un terminal de línea óptica (OLT) se encuentra conectada y compartida por la red óptica con múltiples unidades (ONU'S) a través de un divisor óptico pasivo. El tráfico en sentido descendente se envía desde OLT'S, utilizando una longitud de onda de 1490 nm, y el tráfico ascendente desde las ONU se realiza en un 1310 nm de longitud de onda. En algunos PONS, la señal de vídeo analógica se sigue realizando en el 1550 nm de longitud de onda, aunque la mayor parte de la señal de vídeo analógica hoy ha sido reemplazada por señal de vídeo Digital. La conexión del OLT y las unidades ONU'S se llama red distribución óptico (ODN). En el lado del usuario, la unidad ONU ofrece uno o más puertos a través de su interfaz de red de usuario (UNI), en el lado del OLT la interfaz de red de servicio (SNI) más común utilizado hoy en día son la interfaz Gigabit Ethernet y el SONET.

1.5.1 Redes ópticas pasivas ATM (APON)

A-PON o ATM-PON está definida en la revisión del estándar de la ITU-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Las especificaciones iniciales definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Servicio completo de acceso de red), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). Los sistemas APON usan el protocolo ATM como portador. A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, como, FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB/C (fibra al edificio/a la acometida) y FTTCab. La transmisión de datos en el canal de bajada se da por una corriente de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes para la identificación del equipo generador (ONU o unidad óptica del usuario). Estas ráfagas van a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre el número de usuarios que estén conectados al nodo óptico, es decir al número de ONU'S existentes. Para el canal de subida, la trama está compuesta por 54 celdas ATM en las cuales hay dos celdas PLOAM (Capa física Operación de Administración y Mantenimiento) que están destinadas para tener

información de los destinos de cada celda y también información para efectos de operación y mantenimiento de la red.

Entre las Tecnologías PON existentes, la APON es la que más características en cuanto a OAM (operación y administración) ofrece. ((PMD), 2011)

1.5.2 PON de Banda Ancha (BPON)

BPON es un estándar basado en APON. Aumenta soporte para WDM y para distribución de ancho de banda upstream más grande y dinámico con longitudes de 20km. Los niveles de potencia (A, B Y C). Y permitió hasta 32 ONT, con capacidades de downstream: 155,622 y 1244 Mbps y Upstream: 155 y 622 Mbps.

Las longitudes de onda asignadas en los canales ascendentes y descendentes para BPON se fijó en 1260-1360 nm (1.310 ± 50 nm) y 1480-1580 nm (1530 ± 50 nm), respectivamente. Un centenar de nanómetros de ancho de banda de ventana era seleccionado para dar suficiente ancho de banda después de tomar en cuenta el efecto de la dispersión de la fibra. En respuesta a la apremiante demanda de transmisión de video y datos, sin embargo, BPON añade una banda adicional descendente en la banda original G.983.1 DS

Estas longitudes de onda también se utilizan para los sistemas de GPON. Dos opciones de banda mejoran proporcionan la capacidad de llevar a superposiciones de TV analógica de 1550 a 1560 nm de longitud de onda, y para servicios digitales adicionales tales como SONET / SDH enlaces para servicios TDM con grandes anchos de banda de 1539 a 1565 nm de longitud de onda.

El protocolo de señalización de BPON se basa en ATM ya que las operadoras de telecomunicaciones de redes han tenido una amplia infraestructura de conmutación ATM cuando se estaba desarrollando el estándar ITU G.983. Además de ser una tecnología antigua, ATM también permite la gestión del tráfico escalable y robusto a través del QoS (Calidad de Servicio), es por ello que BPON está muy estrechamente relacionado con ATM (L. G. Kazovsky, 2011)

Se basa en el estándar APON y ha sido ratificada en la recomendación ITU-T G.983, con la diferencia que puede soportar otros estándares de banda ancha y ofrece servicios como acceso Ethernet o distribución de video. Alcanza una velocidad de 155 Mbps fijos, tanto en el canal descendente como en el ascendente; pero, fue modificado para admitir tráfico asimétrico que alcanza 622 Mbps en el canal descendente y en el canal ascendente 155 Mbps. También admite tráfico simétrico en donde el canal descendente y el canal ascendente alcanzan 622 Mbps, pero su costo es muy elevado y tiene limitaciones técnicas. (Vallejo., 2012)

1.5.3 Gigabit red óptica pasiva (GPON)

El estándar ITU-T G.984 denominado GPON (Gigabit PON), es una evolución del estándar BPON. Soporta tasas altas, seguridad mejorada y elección del protocolo de capa 2 (ATM, GEM, Ethernet). Permite la transmisión de celdas ATM y de paquetes Ethernet sobre el mismo sistema y sobre la misma red física.

GPON no es sólo una mejora de BPON, también incrementa la tasa de transmisión hasta 2.48 Gbps downstream y 1.24 Gbps upstream para ATM y 1Gbps para Ethernet, esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario dependiendo de factores importantes tales como el número de usuarios y de la calidad de los equipos que se usen, entre otras también incrementó una categoría de potencia (C+), trabaja con hasta para 64 ONT'S y mejora la seguridad con el estándar de cifrado avanzado AES (Estándar de Encriptación Avanzada) (Vallejo., 2012)

Estandarizada por ITU-T y nombrada Gigabit-capable PON (GPON), fue aceptada en 2003-2004 y ha sido normalizada en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984. (Vallejo., 2012)

GPON es un estándar de las redes PON que alcanza una velocidad superior a 1 Gbps, soporta varias tasas de velocidad con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mbps, 1.25 Gbps, y asimétricas de 2.5 Gbps en el enlace descendente y 1.25 Gbps en el ascendente. Tiene un alcance de 20 km, aunque actualmente el estándar ha sido apto

para alcanzar los 60 km, el máximo número que puede soportar una misma fibra es de 64 usuarios, pero puede alcanzar a soportar hasta 128 usuarios.

GPON usa multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing), la cual permite que la información viaje tanto ascendente como descendente en la misma fibra óptica.

GPON es un modelo muy fuerte, pero a la vez muy complicado de implementar que ofrece:

- Soporte global multiservicio: incorporando voz (TDM, SDH, SONET), Ethernet 10/100 Base T, Frame Relay, ATM y muchas más.
- Alcance físico de 20 km
- Soporte para algunas tasas de transferencia, incluyendo tráfico simétrico de 622 Mbps, tráfico simétrico de 1.25 Gbps y asimétrico de 2.5 Gbps en sentido descendente y 1.25 Gbps en sentido ascendente.
- Facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde el equipo OLT al modem de usuario ONT.
- Seguridad a nivel de protocolo ya que cuenta con la cualidad multicast del protocolo. (Vallejo., 2012)

GPON brinda un amplio soporte de servicios, insertando voz (SONET, TDM, SDH), ATM Ethernet, Frame Relay, líneas arrendadas, extensiones v8iBless, etc., mediante el uso de un método de encapsulación conocido como GEM (GPON Encapsulation Method). GPON brinda una mejora de la confiabilidad de la red de acceso usando SDH (Jerarquía Digital Sincrónica) como cambios de protección automáticos y cambios de protección forzosos; sin embargo, se les considera como opcionales, ya que la utilización de esta tecnología implica la realización de sistemas económicos. (Vallejo., 2012)

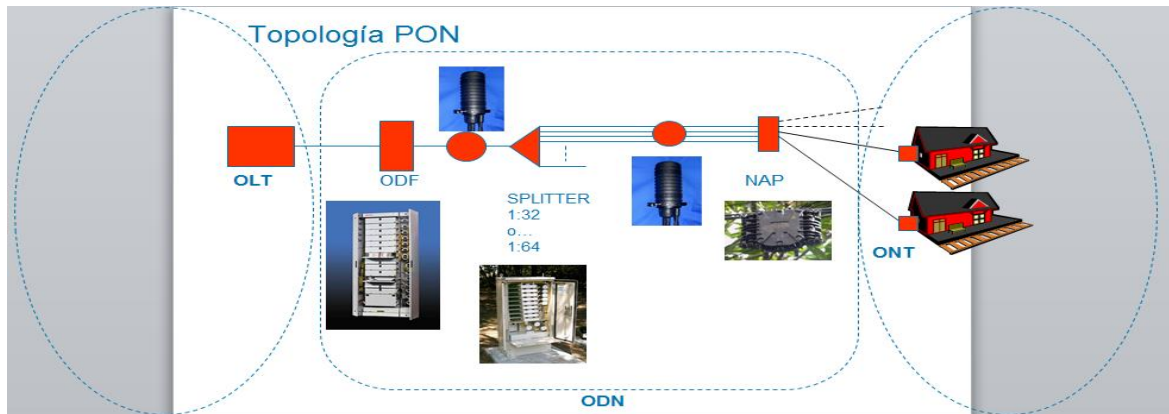


Figura 1.7 Topología PON

Fuente: (TE Connectivity, 2014, pág. 12)

1.5.4 Gigabit ethernet red óptica pasiva (GEPON)

Gigabit Ethernet – PON, Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y Red Óptica Pasiva. Este sistema facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.

IEEE 802.3ah especifica un protocolo de control multipunto. dos capas físicas dependientes del medio para 10 y 20 km, usando 1310nm, 1490nm y 1550nm con tasas de datos de 10,100 y 1000 Mbps. Tazas de spliteo de 1:16 y 1:32. (Vallejo., 2012)

IEEE P802.3av 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON) es un grupo de Tarea para 10 Gbps, compatible con los estándares anteriores, con 802.3 ah EPON. 10G-EPON usará longitudes de onda separadas por 10G y 1G para Downstream. 802.3av continuará usando una única longitud de onda para 10G y 1G upstream con separación TDMA. (L. G. Kazovsky, 2011)

1.5.5 Ethernet red óptica pasiva (EPON)

El estándar IEEE 802.3ah, como el resto de los estándares IEEE 802.3, se centran exclusivamente en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI (Interconexión de sistemas abiertos). IEEE 802.3ah especifica la arquitectura EPON en

términos de su medio dependientes de la capa física, especificación de protocolo P2MP, la codificación física. Respecto a los rangos de operación de longitud de onda es el mismo que para BPON (es decir, desde 1260 hasta 1340 nm en el canal ascendente y desde 1480 hasta 1500 nm para el canal descendente (L. G. Kazovsky, 2011))

1.6 GENERALIDADES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN)

La ODN conforma todo el conjunto de elementos pasivos que interconectan un equipo final con la central local, empieza desde el cliente final, transitando la red de dispersión, la red de distribución y la red feeder (troncal), instaladas en forma aérea o subterránea. Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, desde el equipo activo OLT hasta la ONT instalada en el usuario.

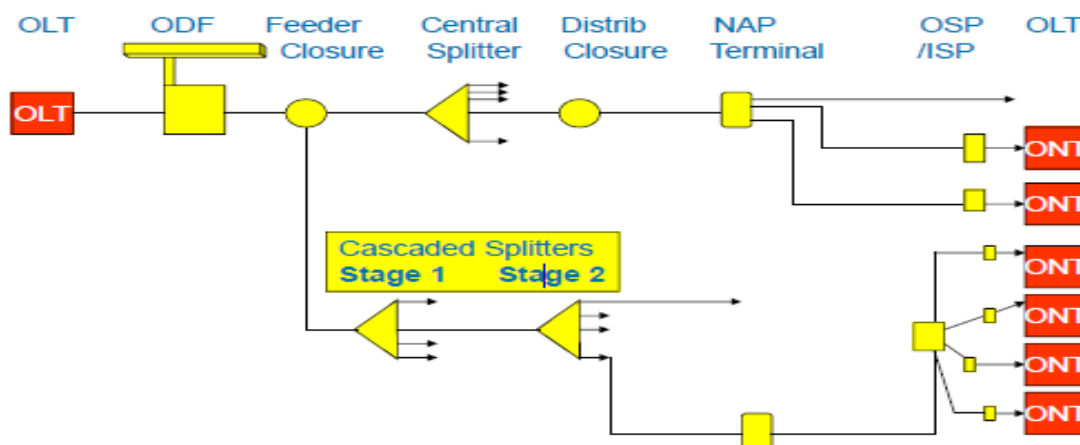


Figura 1.8 Elementos de la ODN

Fuente: (TE Connectivity, 2014, pág. 15)

1.6.1 Elementos activos de la red

Terminal de línea óptica (OLT)

La OLT es usada para suministrar servicios como Internet de alta velocidad, Voz sobre IP y Televisión por medio de IPTV, todo esto a través del GPON (Red Óptica con Capacidad Gigabit). La OLT trabaja en grupo con la ONT (Terminal de Red Óptica) para brindar los servicios. La OLT es parte a la Red de Acceso. (Donoso, 2011)

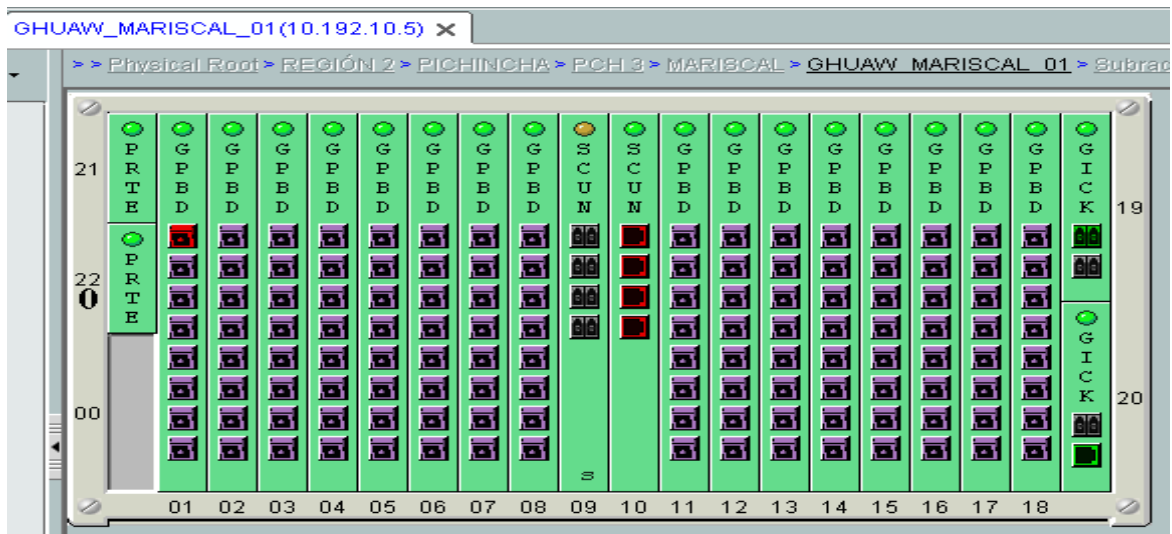


Figura 1.9 OLT

Fuente: Elaborado por el autor

Terminal de red óptica (ONT)

Es un aparato que se ubica en la casa del usuario en instalaciones FTTH/GPON. Transforma la línea de fibra óptica en interfaces Ethernet típicas suponiendo, por lo tanto, el final de la línea de fibra. Es el equivalente al PTR (Punto de Intervención de la Red) en las instalaciones telefónicas tradicionales. (Donoso, 2011)



Figura 1.10 ONT

Fuente: Elaborado por el autor

1.6.2 Elementos pasivos (ODN)

- Repartidor o distribuidor principal (ODF)
- Armarios
- Mangas

- Splitters (divisores)

NAP (Network Access Point)

Figura 1.11 se muestra los elementos que conforman una red de fibra óptica ODN

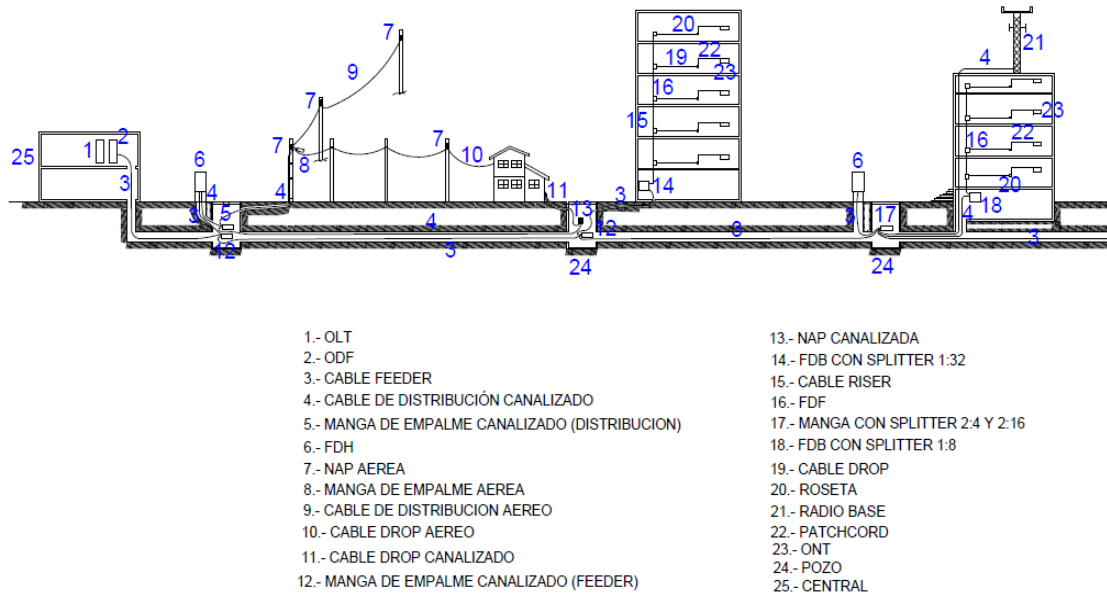


Figura 1.11 Elementos de la ODN

Fuente: (TE Connectivity, 2014, pág. 21)

Distribuidor o repartidor general (ODF)

Punto donde llegan los hilos de fibra óptica y permite conectar la planta externa con los equipos de acceso (OLT). . (CNT E.P, 2014)



Figura1.12 Distribuidor o repartidor ODF

Fuente: Elaborado por el autor

Red Feeder (troncal)

Interconecta el distribuidor (ODF) con los armarios, está constituida por cables de fibra óptica que inician de la central y se distribuyen hacia armarios de repartición. Generalmente van por canalización en subductos, es la parte troncal de la red. . (CNT E.P, 2014)

Distritos

Son las zonas en las que se divide una ciudad geográficamente en función de la red. Cada zona tiene su armario. También se habla de zonas directas en donde el ODF (más una manga) reemplazan al armario. . (CNT E.P, 2014)

1.6.3 Armarios (FDH)

Están ubicados en un determinado punto del sector y es el sitio de enlace entre la red de feeder y la red de distribución por medio de splitters de 1xn. Permiten, en forma independiente, el aumento de red feeder y de red de distribución. . (CNT E.P, 2014)



Figura 1.13 Armario FDH

Fuente: Elaborado por el autor

1.6.4 Caja de distribución óptica (NAP)

Es un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Adicionalmente son puntos de corte para trabajos de operación y mantenimiento. (CNT E.P, 2014)



Figura 1.14 Caja de distribución óptica NAP

Fuente: Elaborado por el autor

Caja de distribución principal (FDB)

La caja de distribución principal FDB se utiliza al ingreso de edificios o urbanizaciones para interconectar la red feeder con la red de distribución interna de cada inmueble. (CNT E.P, 2014)



Figura 1.15 Caja de distribución principal FDB

Fuente: Elaborado por el autor

Caja de distribución secundaria (FDF)

La caja de distribución secundaria FDF se utiliza para interconectar la red de distribución con la red de dispersión en edificios. (CNT E.P, 2014)



Figura 1.16 Caja de distribución secundaria FDF

Fuente: Elaborado por el autor

1.8.5 Red de distribución

Es la red que une el armario de distribución (FDH) y las cajas de distribución (NAP) y está constituida por splitters, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de distribución. (CNT E.P, 2014)

Red de distribución interna

Es la red que une la caja de distribución principal (FDB) y la caja de distribución secundaria (FDF). (CNT E.P, 2014)

Red de dispersión

Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Ésta se divide en dos tramos, el primero hasta un punto de transición (FDF)

y luego continúa con un cable interior en el cliente final, terminando en la roseta. (CNT E.P, 2014)

Splitters (Divisores)

Dispositivos que permiten dividir la señal óptica de entrada en N ramas de salida con mínimas pérdidas. La necesidad de distribución de múltiples señales los hace fundamentales en las nuevas redes FTTH PON. (CNT E.P, 2014)



Figura 1.17 Splitters

Fuente: Elaborado por el autor

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

El presente Capítulo tiene como objeto describir la metodología de investigación usada para la certificación de redes ópticas, con el fin de minimizar los errores que se evidencian en el proceso de certificación de una red GPON y que impactan en la caracterización de toda la red a nivel general; por lo cual es necesario explicar el proceso para realizar los diferentes tipos de pruebas aplicando los estándares y especificaciones definidos en documentación propietaria de los equipos, terminales, manuales y presentaciones recopiladas, actualización de procedimientos y métodos, que permitirán finalmente desarrollar un documento que contenga la información requerida y que sea fácilmente entendible para el lector.

2.1 Metodología de la investigación

Para la investigación se han elegido los siguientes elementos, que ayudarán a realizar el estudio de manera coherente, secuencial y con sentido práctico para todas las actividades, bajo factores característicos, gráficos y en períodos de tiempo determinados.

Según Miro J. (1994), en su libro “Estrategia de la investigación descriptiva”, dice que la investigación es descriptiva, porque se basa en teorías específicas para identificar la relación entre dos o más variables que se van a utilizar para exponer información y analizarla a fin de obtener resultados que contribuyan a reconocer el problema. En el caso del proyecto para CNT se buscará analizar los problemas técnicos, grado de capacitación del personal, disponibilidad de herramientas usadas, tecnología adecuada, etc. El fin es recoger datos y determinar problemas con el servicio de redes GPON.

Complementando lo anterior, “plantear el problema, no es sino afinar y estructurar formalmente la idea de investigación” (Hernández, 2010, pág. 21). Para eso se debe identificar el problema desde varios ángulos que conlleven a tener datos suficientes para resolver el fin planteado.

Según, López E.(2002), autor del libro “La investigación en Biblioteconomía”, asegura que para obtener resultados positivos y llegar a cumplir objetivos en un tema de estudio debemos usar las herramientas correctas para recolectar información y obtener datos confiables, por esta razón se eligió los elementos antes nombrados que servirán para que se cumplan los objetivos a alcanzar.

Hoy en día es un tanto retardado el proceso de mantenimiento técnico puesto que no se cuenta con un procedimiento o un guía para el análisis de una red GPON, esto es necesario para los trabajadores ya que lograrían la resolución de las fallas en tiempos menores y se cambiaría la mentalidad del usuario que acusa a las empresas públicas como las peores proveedoras de servicios de telecomunicaciones.

Por tanto, la investigación en curso también será de tipo transversal debido a que se hará comparaciones de niveles de velocidades en los que trabaja una fibra óptica, luego de ser instalada. Bajo varios lineamientos que se ha tomado en cuenta se dirá que otra herramienta investigativa que se usará será el análisis de campo, porque se realizará en un periodo determinado y la información obtenida a través de la recolección de datos servirá para caracterizar el aporte que tendrá la guía digital para la compañía en el espacio de 6 meses, así mismo el estudio será longitudinal ya que se recolectará los datos en tiempos específicos, para hacer inferencias con respecto al cambio de mejorar la empresa y su repercusión en la misma.

Al tener listo este proceso, se procederá a realizar la tabla dinámica en el Excel con los resultados medidos vs los valores teóricos, para verificar que estos estén dentro de los márgenes establecidos en nuestra guía didáctica, sin olvidar la importancia de las normas mencionadas. Las fotografías, así como la ficha técnica será parte importante de la base de datos, que estará enlazada a la red interna mediante una carpeta compartida a la que los técnicos acceder y servirá de soporte para instalación como mantenimiento de una red PON.

2.1.1 Instrumentos de recolección de datos

Puente G. (2000), dice que, cuando el investigador está en contacto por sí mismo con el hecho o fenómeno la observación será vertical, por tal motivo se empleará la siguiente técnica:

- Observación directa, que estará dirigida hacia los técnicos de mantenimiento e instalación de la fibra óptica
- Entrevista informal con el jefe encargado del departamento de ISP, puesto que es la persona que está al tanto de los problemas suscitados en la empresa CNT.
- Investigación en libros, revistas, pdf sobre teorías que abarquen procesos de instalación de redes GPON, esto servirá de ayuda para la guía digital.

Para realizar la recolección de datos, se utilizarán días laborables, de esta manera se podrá precisar los procedimientos que el técnico hace para instalar la fibra, y crear un registro al igual que precisar los pasos que se siguen para hacer el mantenimiento en caso de que el cliente lo haya solicitado, por fallas que se producen en la estructura de las redes GPON.

Mediante la observación de campo se tomarán datos como frecuencias, distancias, etc., datos necesarios que se necesitara para elaborar la guía digital.

2.1.2 Procesamiento y análisis

El procesamiento de datos será manual, de esta manera se podrá dar cuenta bajo que requerimientos se trabajará en la guía para el técnico y se irá estableciendo parámetros importantes para la elaboración del catálogo que servirá de ayuda para la detección de fallas instalación de la fibra y mantenimiento. Bajo este preámbulo se quiere lograr establecer tiempos exactos de trabajo con respecto a estas actividades.

Para el Análisis e interpretación de resultados se lo realizará en Excel, con gráficos de barras con variación de colores según sean las respuestas que obtendremos de la encuesta.

2.1.3 Metodología de trabajo

La presente investigación se basó en autores que desarrollaron normativas ITU-T G.984 (Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits), como la “Norma técnica despliegue y tendido redes físicas telecomunicaciones”, lo que da lugar al comienzo de la tecnología de red FTTH GPON implementada con el fin de garantizar que los valores medidos se encuentren dentro de los parámetros de certificación indicados, autores como son Peris (2016), Mantilla (2012), Delgado V.(2015), son los que han servido de base para plantear de manera sistematizada en periodos.

La metodología para el proceso de medición y certificación de las redes de acceso GPON se ha dividido en tres fases, las mismas que se describen a continuación.

Fase I

Peris (2016), documenta que, para plantear una solución para cierto tipo de sistema, que está a punto de introducirse dentro de una compañía, lo primero que se debe conocer son los requerimientos del mismo, con el fin de construir un prototipo que cumpla con los objetivos planteados, de tal modo que debe ser exacto con datos que se puedan contar, para que sea más fácil la verificación y que se puedan graficar de manera estadística, para que al mirarlos se muestre con barras el problema.

De acuerdo al problema encontrado en la empresa CNT, la idea es lograr obtener datos con la ayuda del VFL (Visual Fault Locator) Localizador de Fallas Visual y el microscopio óptico realizando mediciones de caracterización de los elementos pasivos de la red que tienen conectores (splitters, ODFs, NAPs, rosetas ópticas y otros), con el propósito de garantizar un óptimo funcionamiento antes de la instalación de los elementos ya mencionados, de tal modo que se evitará futuros contratiempos en fallos de la red. Además, esto con lleva al cálculo del enlace teórico óptimo de la red para tener un valor de referencia con el que se trabajará, sin olvidar que se debe realizar una revisión de fechas de mantenimiento de los equipos de medición, debido a el software que se usa y debe siempre estar actualizado.

Fase II

Mantilla (2012), considera que parte importante de un proyecto es el uso de herramientas adecuadas de las que se obtendrán datos reales, que comprueben la eficiencia del sistema, mediante pruebas de calidad. Para que un método sea eficaz debe trabajar de manera correcta, por eso es importante tener un control antes de la implementación del prototipo, de tal modo que se evite inconvenientes de mal funcionamiento.

Para proceder con la comprobación de las mediciones en los elementos de la red desde sus segmentos se tomará los datos desde el OTDR (reflectómetro) para comprobar que los parámetros de atenuación estén dentro de los valores definidos para fusiones, conectores, distancia del cable y otros. En el caso de las fusiones de fibra, el equipo mostrará un valor de referencia de atenuación al momento de alinear los núcleos de la fibra, factor que permite identificar que esté dentro del rango establecido y con ello demostrará que nuestra herramienta está funcionando correctamente, así se tomaran los datos que serán almacenados en la guía didáctica para uso de todos los técnicos de CNT.

Fase III

Delgado V. (2015), dice que es importante certificar, acreditar y aprobar un diseño de un proyecto, con el fin de garantizar procesos de mejora continua dentro de una empresa, reducir costos, mejorar procesos para lograr resultados necesarios y deseados, cuando se plantea un fin en común mediante un proyecto. Lo que permite dar forma a los procesos y lograr dar un mejor servicio a los clientes.

En esta fase es importante aprobar la guía didáctica, a través de un proceso de verificación en la red de acceso ODN, verificando los extremos de los segmentos de la topología mediante pruebas reflecto métricas con el OTDR y pruebas de potencia con el Power Meter, con el fin de detectar posibles fallas de atenuación, reflexión, inserción y pérdida de retorno de luz (ORL) en todo el segmento. Lo que permitirá realizar un análisis entre los valores de referencia (valores calculados) y los resultados obtenidos en las mediciones.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA

La Empresa CNT proveedora de servicios de valor agregado desde sus inicios de operación en el país, lo viene realizando a través de redes de cobre con ADSL Línea de Abonado Digital Asimétrica (Asymmetric Digital Subscriber Line)

En la actualidad surge la demanda de parte del mercado de las telecomunicaciones de mayores capacidades de ancho de banda y calidad en el servicio brindado, conscientes de los inconvenientes que presentan las comunicaciones con las redes de cobre con ADSL respecto a interferencias, saturaciones y pérdidas de señal, existe la infraestructura que se implemente la red GPON en el País a nivel nacional lo que contribuirá para ser más competitivo en el mercado nacional con en el mejoramiento de sus servicios.

Se trata de tener un documento que sirve de guía para los ISPs, y personal técnico que realizan los trabajos de operación & mantenimiento. Este proyecto va aportar para la empresa de telecomunicaciones CNT, para minimizar tiempos de instalación en la red GPON.

3.1 Diseño de la guía digital

El proyecto de manera general está conformado de la integración de dos partes:

- Software
- Guía técnica

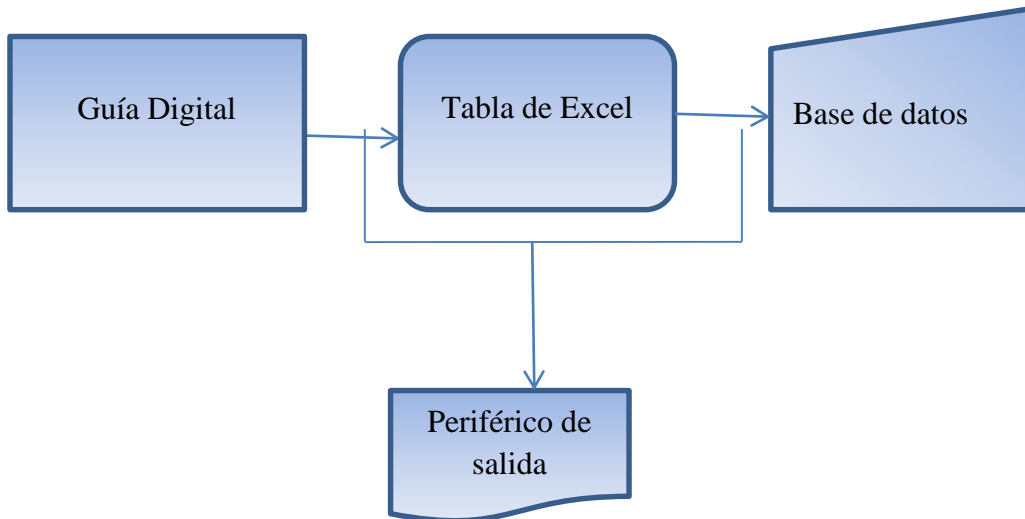


Figura 3.1 Diagrama de bloques de la guía digital

Fuente: Elaborado por el autor

3.1.1 Guía digital

Para el análisis y resolución de fallas en la operación & mantenimiento de una red GPON.

La guía digital constará en un programa creado en HTML+ CSS + JavaScript y una aplicación tabla de Excel que consta una base de datos en donde se encontrará los antecedentes de números y cifras para comparar tanto al momento de la instalación como en el instante que toque dar soporte técnico al usuario que contrata o posee ya el servicio.

3.1.2 Tabla de Excel

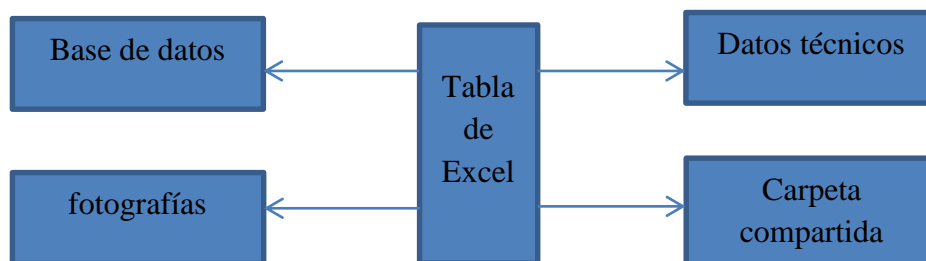


Figura 3.2. Diagrama de bloques de tabla de Excel

Fuente: Elaborado por el autor

3.1.3 Módulos que lo componen la guía digital

Los módulos que componen en la guía digital son:

- **Los Splitter** de Fibra Óptica o Divisores Ópticos, son los que se emplean en Redes de distribución de vídeo (Broadcast) o de datos y en redes PON o GPON (FTTH). Su principio de funcionamiento consiste en dividir la señal óptica en 2, extensible hasta el hecho de conseguir N salidas. Para las pruebas de medición realizadas en campo tomaremos como referencia el spliter 1/32 y el spliter de 1/64 los que se utilizan en O&M plataforma de acceso a nivel Nacional de la CNT.

- **Slot conector o puerto** de expansión en la placa base de un Shelf:

Para un Shelf Huawei 5600T se dispone de 16 slots para las tarjetas de servicio GPBD las cuales son etiquetadas del 1-8 y del 11-18 tomando en cuenta que los slots 9-10 son para las tarjetas de control, Para las pruebas de medición realizadas en campo tomaremos como referencia el slot 5.

- **Puerto.** Es la posición física y única de cada cliente es decir cada slot tiene 8 puertos en los que realizaremos las pruebas de medición en todos los 8 puertos tanto para un spliter de 1/32 y el spliter de 1/64 respectivamente con un total 16 puertos equivalente para 16 clientes.
- **Potencia promedio TX** en odf-olt (dbm). Son los valores medidos con el power meter en la transmisión en el ODF-OLT (dBm) en la central de conmutación.
- **Potencia promedio RX** en nap-olt (dbm). Son los valores medidos con el power meter en la recepción en el NAP-OLT (dBm) en el domicilio o cliente.

3.1.4 Aspectos técnicos de la guía digital.

La guía digital va consistir en la elaboración de un cuadro en Excel.

Las características de los productos o servicios en el presente proyecto se describen de la siguiente manera:

- Es ejecutada después de tres años que la empresa CNT, comienza a ofertar sus servicios con tecnología red GPON a nivel nacional, existiendo inconvenientes a medida que va en crecimiento la red GPON en ciudades o sectores grandes que superan los 20kmts que es la distancia máxima que comprende entre la central de conmutación(OLT) y el cliente (ONT)

3.2 APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

Procedimiento para la creación de infraestructura y asignación de un puerto PON.

- Para la red de infraestructura rígida se asignará la totalidad de puertos requeridos. Para red flexible se asignará el 30% de la totalidad de los puertos requeridos.
- Si la potencia medida en el Splitter/NAP no se encuentra según la guía digital la unidad tec O&M plataformas de acceso UIO/GYE solicitará a la zona operativa / sucursal que se revise la ODN, patch de fibra y conectores en la central o se justifique el presupuesto óptico de la red, caso contrario la red no puede ser recibida.
- En un armario con dos o más puertos PON asignados, las mediciones de potencia deberán ser semejantes.
- Las zonas operativas / sucursales para ampliaciones de Planta Externa, deberán solicitar la habilitación de puertos PON siguiendo el procedimiento descrito anteriormente para su creación en OPEN.
- En la asignación de puertos PON para ampliación de red flexible, tec O&M plataformas de acceso UIO/GYE, verificará previamente que los listones ya existentes se encuentren al 90% de su ocupación, caso contrario no procede la asignación de nuevos puertos.

3.2.1 Archivo de infraestructura.xlsx.

Tabla 3.1 archivo de infraestructura.xlsx.

CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES																			
Cnt nos une! UNIDAD NACIONAL TECNICA UNIDAD DE INGENIERIA E IMPLEMENTACION UNIDAD DE SOLUCIONES CORPORATIVAS UNIDAD DE ACCESOS DE SERVICIOS CORPORATIVOS																			
INFRAESTRUCTURA FTTH																			
11	FECHA:	30/03/2016	CAPACIDAD PUERTOS POR		8														
12	NOMBRE OLT:	SAN RAFAEL	CAPACIDAD SPLITTEO		1:32 (CAPACIDAD SPLITTEO CNT E.P.)														
13	MODELO:	MA5600T	CAPACIDAD TOTAL		288														
14	DISTRIBUCION:	GP_SAN RAFAEL	RUTA		4														
15	TIPO DE FRIGIDA																		
PLANTA INTERNA																			
CABLE	ARMARIO	LISTON	PAR LISTON	CAJA	PAR CAJA	ESTADO OCUPACION / TECNICO	Codigo Distribuidor	PLANTA EXTERNA											
								NOMBRE DE DIST	BUFFER	HILO	M	CAPACIDAD VIRTUAL CABLE	LISTON	PAR LISTON	ARMARIO	CAJA	HILO CAJA	ESTADO OCUP / TECNICO	
19	GS2010	GHUAW2	GS2010	1	GS2010	1	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	1	2010XX	1	F04M12	A1	1	LIBRE
20	GS2010	GHUAW2	GS2010	2	GS2010	2	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	2	2010XX	2	F04M12	A1	2	LIBRE
21	GS2010	GHUAW2	GS2010	3	GS2010	3	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	3	2010XX	3	F04M12	A1	3	LIBRE
22	GS2010	GHUAW2	GS2010	4	GS2010	4	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	4	2010XX	4	F04M12	A1	4	LIBRE
23	GS2010	GHUAW2	GS2010	5	GS2010	5	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	5	2010XX	5	F04M12	A1	5	LIBRE
24	GS2010	GHUAW2	GS2010	6	GS2010	6	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	6	2010XX	6	F04M12	A1	6	LIBRE
25	GS2010	GHUAW2	GS2010	7	GS2010	7	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	7	2010XX	7	F04M12	A1	7	LIBRE
26	GS2010	GHUAW2	GS2010	8	GS2010	8	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	8	2010XX	8	F04M12	A1	8	LIBRE
27	GS2010	GHUAW2	GS2010	9	GS2010	9	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	9	2010XX	9	F04M12	A2	1	LIBRE
28	GS2010	GHUAW2	GS2010	10	GS2010	10	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	10	2010XX	10	F04M12	A2	2	LIBRE
29	GS2010	GHUAW2	GS2010	11	GS2010	11	LIBRE	2019	GP_SAN RAFAEL	7	73	04.073	11	2010XX	11	F04M12	A2	3	LIBRE

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2 Asignación de puertos en el gestor U2000

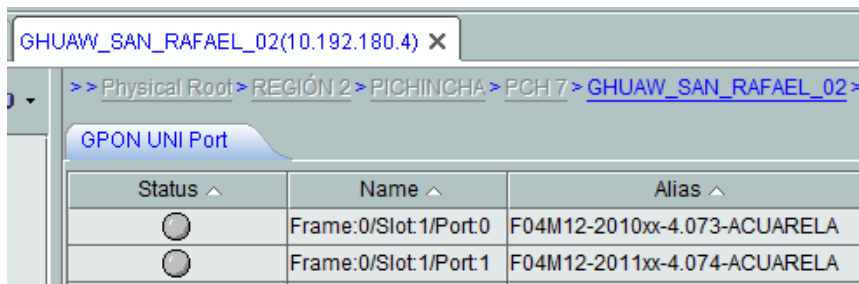


Figura 3.3 Registro de asignación de puertos

Fuente: Elaborado por el autor

Formato de etiqueta: armario-listón-cable-descripción

Estado de puerto: “disable” (sin potencia).

3.2.3 Registro de la información de puertos asignados

Se registra en la bitácora de asignación, la información de las pruebas de puerto PON.

Tabla 3.2 Registro de la información de puertos asignados.

ASIGNACIÓN							PRUEBAS POTENCIA		
OLT	SLOT	PUERTO	ETIQUETA	Asesor	Fecha	OBSERVACION	Asesor	Fecha	OBSERVACION
GHUAW_IBARRA_01	12	2	F04-22-1122XX-04.255	DC	20/04/2016		CL	22/04/2016	OK-15.96
GHUAW_IBARRA_01	12	3	F04-22-1122XX-04.256	DC	20/04/2016		CL	22/04/2016	OK-16.22
GHUAW_TUMBACO_01	8	6	F01M11-1086XX-1.181-CIT_STA_ANA	DC	20/04/2016				
GHUAW_VILLAFLOA_01	16	7	F02M20-1167XX-02.284	JQ	20/04/2016				
GHUAW_TUMBACO_01	6	0	F01M09-106001-1.217	DC	21/04/2016				
GHUAW_TUMBACO_01	6	1	F01M09-106102-1.218	DC	21/04/2016				
GHUAW_TUMBACO_01	6	2	F01M09-106203-1.219	DC	21/04/2016				
GHUAW_TUMBACO_01	6	3	F01M09-106304-1.220	DC	21/04/2016				
GHUAW_TUMBACO_01	6	4	F01M09-106405-1.221	DC	21/04/2016				

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4 Protocolo de pruebas

Personal de la zona operativa / sucursales se comunicarán con la unidad tec O&M plataformas de acceso UIO/GYE, para solicitar la activación del puerto asignado y proceder con el patcheo en el ODF reflejo.

Red flexible. Personal de la zona operativa / sucursales conectará el equipo terminal en una posición del Splitter. Tec O&M plataformas de acceso UIO desde el sistema de gestión verifica que el equipo terminal se refleje en el slot / Puerto asignado y confirma parámetros de potencia según el presupuesto óptico establecido por O&M plataformas de acceso.

Red rígida. Personal de Tec O&M plataformas de acceso UIO/GYE, habilitará los puertos uno por uno:

Personal de la zona operativa / sucursal tomará las mediciones de potencia de recepción en cada posición de la NAP, verificando la correcta correspondencia entre liston – caja / par caja, según el catastro enviado por personal responsable, y deberán confirmar parámetros óptimos de potencia según el presupuesto óptico establecido por O&M plataformas de acceso.

Tabla 3.3 Potencia RX en splitter/NAP (dBm)

$$= \text{Tx Optical Power (dBm) OLT} - \text{Presupuesto óptico (dBm)}$$

OLT Tx Optical Power (dBm) min	PRESUPUESTO ÓPTICO	POTENCIA Rx SPLITTER / NAP (dBm)
2,5	20,5	-18

Fuente (Norma técnica de diseño de ODN, CNT, 2012).

El umbral de potencia de recepción medido luego del splitter (1:32) deberá ser de -18dBm.

3.3 PRESUPUESTO ÓPTICO

El presupuesto de pérdida óptica es la cantidad de pérdida que una red de cables debe tener; se calcula sumando las pérdidas de todos los componentes utilizados en la red de cables para obtener la pérdida punto a punto estimada, y obviamente ambos están relacionados. Un enlace de datos funcionará solamente si la pérdida de la red de cables está dentro del presupuesto de potencia óptica del enlace.

Además de determinar si la red de cables diseñada podrá operar con los equipos de comunicaciones, puede utilizarse un presupuesto de pérdida óptica para definir cuál es la pérdida adecuada de la red de cables a los fines de las comprobaciones. Luego de la instalación se pueden comparar los resultados de las comprobaciones con el presupuesto de pérdida óptica para determinar si la instalación se realizó correctamente.

El umbral de potencia de recepción calculado luego del splitter (1:32) se obtiene considerando el siguiente presupuesto óptico. Los valores detallados a continuación son una recomendación emitida por parte de la jefatura de O&M plataformas de acceso.

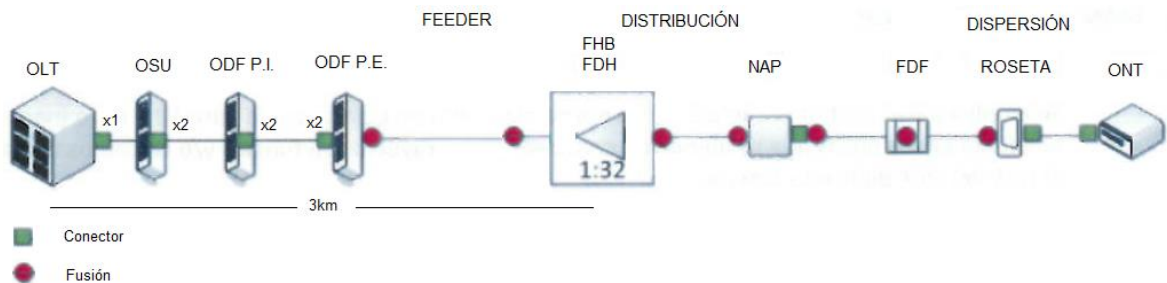


Figura 3.4 Diagrama, presupuesto óptico

Fuente : (Norma técnica de diseño de ODN, CNT, 2012).

Tabla 3.4 Presupuesto óptico

PRESUPUESTO OPTICO TRAYECTO OLT-SPLITTER/MANGA				
Elementos de red de Fibra óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dBm)	Pérdida Total (dBm)
Conectores=0.25dBm		7	0,25	1,75
Empalmes de fusión =0.1 dB promedio		2	0,1	0,2
Splitter	1x2	0	3,5	0
	1x4	0	7	0
	1x8	0	10,5	0
	2x4	0	7,9	0
	1x16	0	14	0
	2x16	0	14,8	0
	1x32	1	17,5	17,5
	2x32	0	18,5	0
	1x64	0	21	0
Longitud de Fibra (Km)/ longitud de onda	1310nm	3	0,35	1,05
	1490 nm	0	0,3	0
	1550 nm	0	0,25	0
TOTAL PÉRDIDAS(dBm)				20,5

Fuente: (CNT E.P, 2014)

Correo electrónico remitido al solicitante, los resultados de las pruebas de patcheo, y verificación de potencia realizadas.

Parámetros de TX y RX de la red GPON en el gestor U2000

Stat.	Operation St.	Config Status	Frame	Slot	Port	ONU	Name	Alias
●	Activate	Normal	0	5	7	0	GHUAW_CAROLINA_05/Frame0/Slot5/Port7/OnuID0	XXXXX

No.1, Total: 1, Selected: 1 Updated at: 05/04/2016 15:30:20

Tx Optical Power (dBm)	= 2.94
Tx optical power alarm upper threshold (dBm)	= --
Tx optical power alarm lower threshold (dBm)	= --
Tx optical power Warning upper threshold (dBm)	= --
Tx optical power Warning lower threshold (dBm)	= --
Rx Optical Power (dBm)	= -16.36
Rx optical power alarm upper threshold (dBm)	= --
Rx optical power alarm lower threshold (dBm)	= --

Figura 3.5 Parámetros de TX y RX de la red GPON en el gestor

Fuente: Elaborado por el autor

Archivo de infraestructura para ampliaciones red GPON.

Amarillo: red existente

Azul: red nueva a ser creada

Tabla 3.5 Archivo de infraestructura para ampliaciones red GPON

CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES																	
CENTRO NACIONAL TECNICA DE OPERACIONES Y SERVICIOS CORPORATIVOS																	
INFRAESTRUCTURA FTTH																	
FECHA: 08/01/2016		PUERTOS POR: 8															
NOMBRE: OLT_POMASQUI		SPLITEO: 132 (CAPACIDAD SPLITTED CNT E.P.)															
MODELO: MAS800T		CAPACIDAD TOTAL: 288															
DISTRIBUCION: GP.POMASQUI		RUTA: 3															
TIPO DE FLEXIBLE:																	
PLANTA INTERNA								PLANTA EXTERNA									
CABLE	ARMARIO	LISTON	PAR LISTON	CAJA	PAR CAJA	ESTADO OCUPACION /	Codigo Distribuidor	NOMBRE DE DIST	BUFFER	HILO	CABLE	CAPACIDAD VIRTUAL	LISTON	PAR LISTON	ARMARIO	CAJA	HILO
GS1047	GHUAW1	GS1047	26	GS1047	26	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	26	104703	26	F03_03	B4	
GS1047	GHUAW1	GS1047	27	GS1047	27	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	27	104703	27	F03_03	B4	
GS1047	GHUAW1	GS1047	28	GS1047	28	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	28	104703	28	F03_03	B4	
GS1047	GHUAW1	GS1047	29	GS1047	29	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	29	104703	29	F03_03	B4	
GS1047	GHUAW1	GS1047	30	GS1047	30	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	30	104703	30	F03_03	B4	
GS1047	GHUAW1	GS1047	31	GS1047	31	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	31	104703	31	F03_03	B4	
GS1047	GHUAW1	GS1047	32	GS1047	32	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	27	03.027	32	104703	32	F03_03	B4	
GS1052	GHUAW1	GS1052	1	GS1052	1	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	28	03.028	1	105204	1	F03_03	C1	
GS1052	GHUAW1	GS1052	2	GS1052	2	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	28	03.028	2	105204	2	F03_03	C1	
GS1052	GHUAW1	GS1052	3	GS1052	3	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	28	03.028	3	105204	3	F03_03	C1	
GS1052	GHUAW1	GS1052	4	GS1052	4	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	28	03.028	4	105204	4	F03_03	C1	
GS1052	GHUAW1	GS1052	5	GS1052	5	LIBRE	2022	GP.POMASQUI	3	28	03.028	5	105204	5	F03_03	C1	

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.1 Ejemplo de presupuesto de potencia en GPON

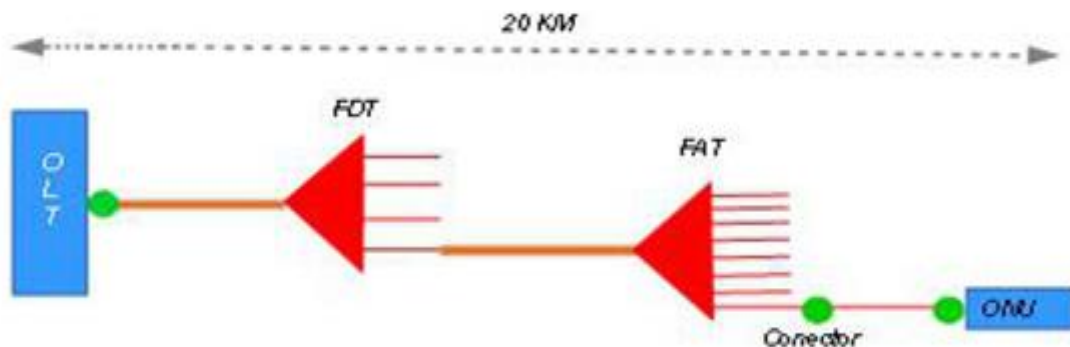


Figura 3.6 Diagrama de GPON

Fuente : (CNT E.P, 2014)

De izquierda a derecha, pueden apreciar en el diagrama que muestra la Línea Terminal Óptica (OLT), que tiene una señal de salida de 28 dBm. Se conecta a través de un conector con pérdidas de 0,5 dB (indicado con un círculo verde pequeño). Luego se transporta a través de la fibra con una atenuación 0,35 dB por Km, llega al primer Splitter (FDT) con una atenuación de 7,5 dB, sigue la fibra hasta conectar con el segundo *Splitter* (FAT) con una atenuación de 10,5 dB. Por último, se conecta la fibra a través de un cable con 2 conectores al Terminal de red óptica (ONT).

- Potencia de Salida del Transmisor: 28 dBm.
- Atenuación del Cable $0,35 \text{ dB/Km} \times 20 \text{ Km} = 7 \text{ dB}$
- Conectores: $0,5 \text{ dB} \times 3 = 1,5 \text{ dB}$.
- Splitters: $7,5 \text{ dB} + 10,5 \text{ dB} = 18 \text{ dB}$.
- Total, de Atenuación: $7 \text{ dB} + 1,5 \text{ dB} + 18 \text{ dB} = 26,5 \text{ dB}$.
- Potencia de Recibida en el Emisor: $28 \text{ dBm} - 26,5 \text{ dB} = 1,5 \text{ dBm}$.

Es probable que estos datos sean menor o mayor durante la medición, depende de la calidad de la instalación, pero ya tienen un buen dato de referencia para comparar, cuando realicen las mediciones de la Red en el campo.

Otro dato, es que teóricamente se recomienda que debiera tener un margen mínimo de 3 dB de diferencia, (Debido a que algunos trasmisores bajo ciertas circunstancias ambientales o de operación pueden disminuir temporalmente su valor de potencia de salida).

3.3.2 Pruebas de potencia de transmisión en ODF (dbm)



Figura 3.7 Pruebas de potencia en ODF

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.3 Pruebas de potencia de recepción en NAP (dbm)

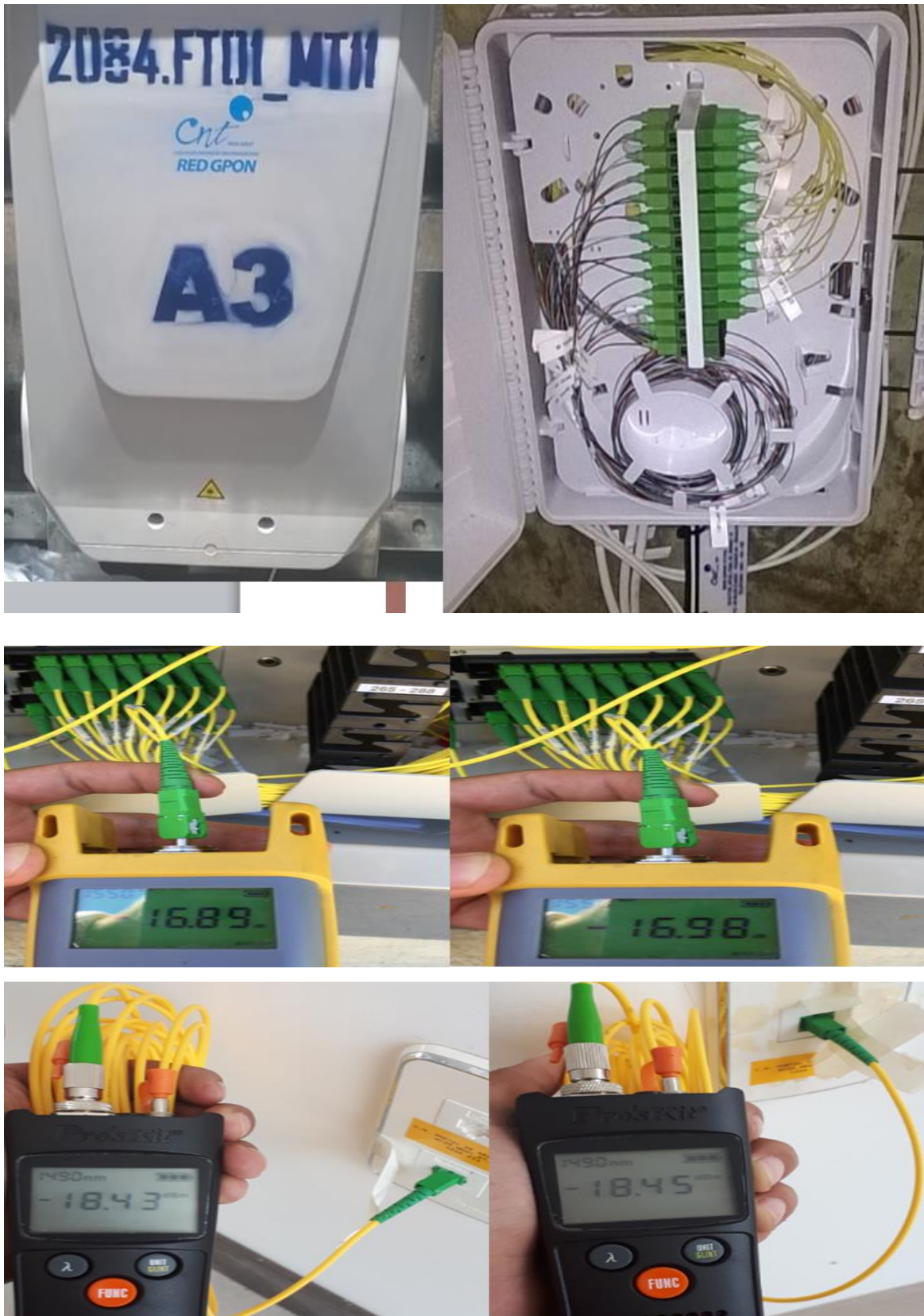


Figura 3.8 Pruebas de potencia en NAP

Fuente: Elaborado por el autor

Criterios que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la guía digital.

Se está basando en el autor Marcos Damián Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016 que presenta un Análisis y resolución de fallas en la instalación y operación de una red GPON de fibra a la casa, ya que la mayoría de autores realizan el diseño e implementación de una red GPON en diferentes sectores y no existe una documentación o un guía en cómo resolver las fallas en una instalación de red GPON.

Análisis del tiempo requerido para el desarrollo del proyecto.

El tiempo empleado para ejecutar este proyecto fue de seis meses ya que se trabajó en conjunto con el personal técnico, supervisores de la zona operativa mariscal sucre que realizan las instalaciones de operación & mantenimiento en las redes GPON.

(Configuración e instalación de la ONT en el cliente)

3.3.4 Ventajas de la guía digital.

- Ahorro de tiempo en la instalación de red GPON
En la actualidad se realiza de 2 a 3 instalaciones en el día con el procedimiento de la guía digital se puede realizar 8 instalaciones diarias.
- Aumenta el número de clientes instalados en el día.
- Sube la imagen de la empresa CNT líder en telecomunicaciones en el Ecuador.

3.3.5 Análisis de factibilidad

Se realiza un análisis técnico debido a que no se invirtió económicamente en materiales y todos los equipos de medición fueron proporcionados por la empresa CNT en el transcurso que se realizaron las pruebas de validación del proyecto.

Tabla 3.6 Análisis técnico de la guía digital

ANÁLISIS TÉCNICO DE LA GUÍA DIGITAL		
PARÁMETROS DEL SISTEMA	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA A IMPLEMENTAR
Personal de trabajo calificado	Hoy en día los técnicos que instalan los servicios de redes PON, son poco capacitados debido a la falta de recursos que sirvan de apoyo a cada proceso de instalación y mantenimiento de este tipo de tecnologías.	Con la implementación de la guía didáctica se pretende ayudar a la capacitación de los técnicos y subir la pro actividad de los mismos
Herramientas adecuadas	Se poseen herramientas adecuadas, pero no se hace una calibración de las mismas a tiempo debido a que no existe una base que indique las fechas en las que se debe hacer mantenimientos de los instrumentos que se usan en una instalación.	Se pondrá a prueba un plan piloto para llevar un control de fechas de actualización de los respectivos software que usan dichas herramientas, con el fin de garantizar mediciones precisas en una red GPON
Tecnología de punta	Debido a la incrementación de una red nueva como es la fibra óptica, las fallas en el sistema son recurrentes	Con el uso adecuado de los tiempos, herramientas y con personal capacitado, se quiere lograr pulir la tecnología que hoy en día se posee, de tal manera que se llegue a tener una red sin errores y sin fallas en velocidades de subida y bajada de datos.
Bases de datos	No existe una base de datos digital, los reportes son parte de las bases físicas que hoy en día sirven de apoyo a la instalación de la fibra óptica en caso de ser cliente nuevo y para el mantenimiento en caso de poseer daños o averías en el sistema.	Al implementar una base de datos con un acceso remoto, la instalación tanto como el mantenimiento se lo hará en tiempos menores. Al mismo tiempo se llenará formularios con datos del cliente y de la red en ese instante, de la misma manera se podrá acceder a la información de dicho cliente cuando el problema de la red necesite de un mantenimiento.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 3.7 Análisis técnico de resultados para la guía digital

ANÁLISIS TÉCNICO DE RESULTADOS PARA LA GUÍA DIGITAL		
PARÁMETROS DEL SISTEMA	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA A IMPLEMENTAR
Facilidad de acceso al sistema	Para ingresar al sistema y verificar los antecedentes de un cliente cuando se hace el mantenimiento se debe recurrir a la oficina Matriz y revisar mediante permisos de superiores los datos con los que se instaló la red. En el caso de ser clientes nuevos sucede lo mismo para llenar la ficha técnica es necesario dirigirse a la oficina y hacerlo mediante permisos en una carpeta que solo puede acceder el jefe.	Al poseer una carpeta compartida y de fácil acceso remoto, se podrá acceder a la información que se requiera cuando se trate de hacer un mantenimiento. En el caso de que sea un cliente nuevo los datos que se llenen en el sistema estarán a disposición del técnico en el momento que los requiera para verificar al momento de instalar y llenar los que faltan cuando ya se deje instalando la red, sin necesidad de desplazarse hacia la oficina con ello se ganará tiempos muertos.
Facilidad de instalación	La instalación de la fibra óptica necesita hacerse mediante parámetros de tiempo, velocidad de servicio y bajo una respectiva visita del técnico.	Con una guía digital y de fácil acceso, el técnico solo deberá dirigirse al armario desde donde tomará el procedimiento de instalación de la fibra, verificará velocidades ya que las herramientas estarán siempre actualizadas y con el mantenimiento adecuado, procederá a llenar datos en la guía digital y en caso de necesitarlo verificará también datos, de esta manera la instalación será rápida, segura y eficiente.
Rapidez del servicio	El servicio de fibra óptica en teoría debe alcanzar velocidades sobre los 2488,320 Mbit/s, sin embargo no se cumple	Si se junta todos los elementos anteriores, lo que se obtendrá es mejor calidad en el servicio, profesionales capacitados, tecnología de punta y un mayor crecimiento económico en la empresa, por tanto el servicio que se ofrece al cliente será de calidad.

Fuente: Elaborado por el autor

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1 Desarrollo

4.1.1 Caracterización de elementos de la red GPON

Para la realización de este trabajo, se analizó una red de fibra óptica al cliente en la cual se encontraban presentes los elementos típicos de una red GPON, como lo son un OLT consistente en el transmisor multiservicios Huawei MA5600T y los ONT representados por las terminales receptoras GPON Huawei EchoLife HG8245 que estaban situados en cada una de los clientes de los nuevos suscriptores, y entre estos elementos había dos divisores ópticos encargados de distribuir la señal de voz, video y datos hacia los clientes que lo solicitaron, el siguiente diagrama esquemático de la Figura 26 muestra la configuración de una sección de esta red FTTH.

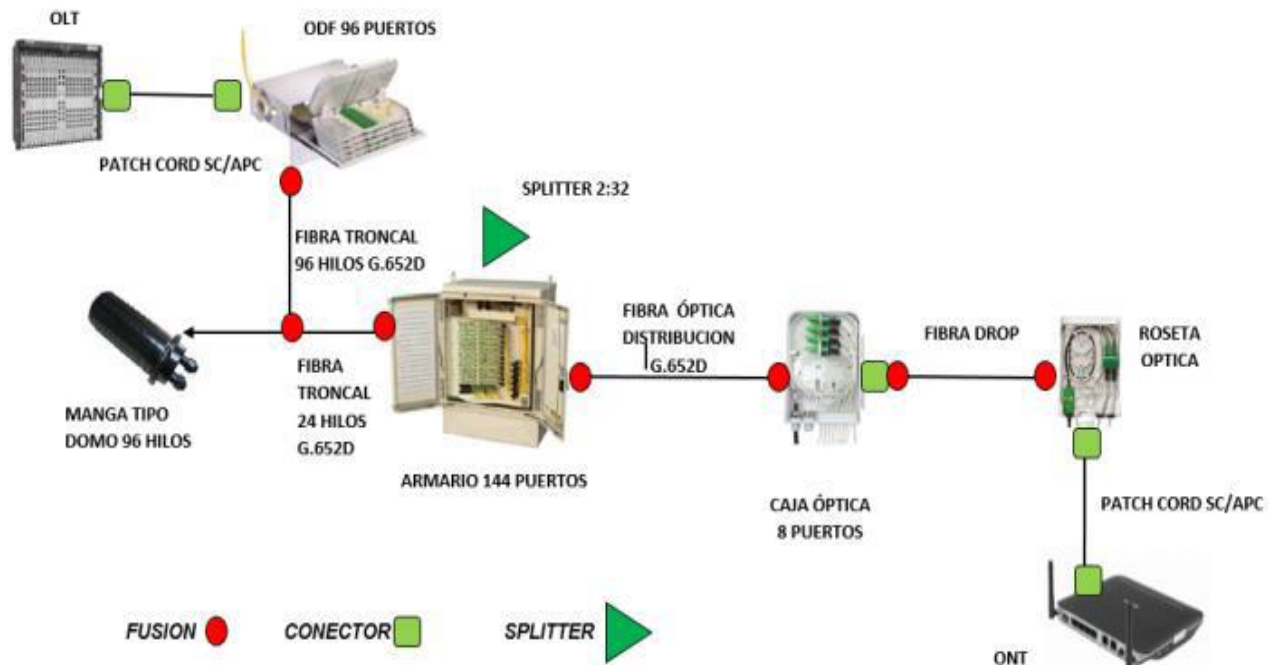


Figura 4.1 Elementos que intervienen en el presupuesto óptico

Fuente: (Huawei Technologies, 2009)

Para poner en marcha esta red, fue necesario caracterizar previamente los elementos que la componen para poder comprobar que el enlace pudiera operar de forma óptima, especialmente los dispositivos OLT que llevan la mayor carga de datos, así como los divisores ópticos que permiten mayor disponibilidad de conexiones; y en segunda etapa se examinó el desempeño de los ONT para cada cliente en particular.

Primero, se obtuvieron los valores de pérdidas por inserción de los divisores ópticos, se iniciaron las mediciones con el divisor 1x2 (ver Figura 27) a tres diferentes longitudes de onda empleadas en las redes GPON, aunque el intervalo de operación dado por el fabricante es de 1260 a 1650 [nm], dicho divisor óptico está fabricado con fibra óptica que cumple con el estándar G.657A, que es la indicada para las redes de acceso por su capacidad de ser más flexibles sin presentar pérdidas (Unión Internacional de Telecomunicaciones 2013) Los registros de pérdidas por inserción se presentan en la Tabla 16.

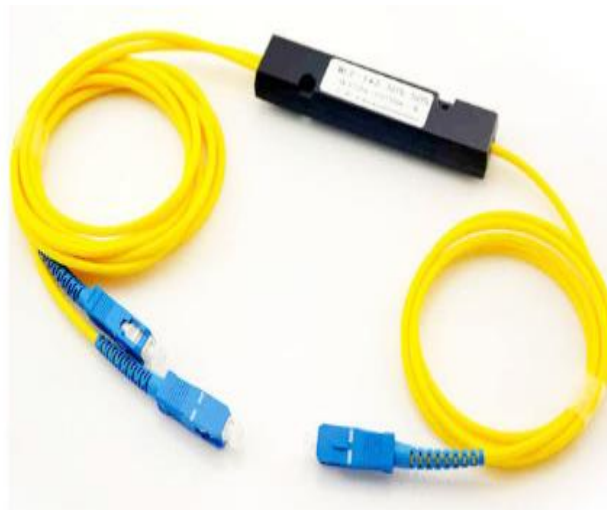


Figura 4.2 Divisor óptico 1x2

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.1 Pérdidas por inserción del divisor 1x2

Longitud de onda [nm]	Puerto de salida	IL (pérdidas por inserción) [dB]
1310	1	3.84
	2	3.92
1490	1	3.87
	2	3.96
1550	1	4.05
	2	4.03

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Luego se recabaron los datos de pérdidas por inserción del segundo divisor 1x8 (ver Figura 28) también a tres longitudes de onda de 1310 [nm], 1490 [nm] y 1550 [nm], este divisor óptico posee al igual que el otro, fibra óptica G.657 apropiada para desplegar fibra hacia el cliente por su mayor flexibilidad. Estos valores de pérdidas se registraron en la tabla 4.1.

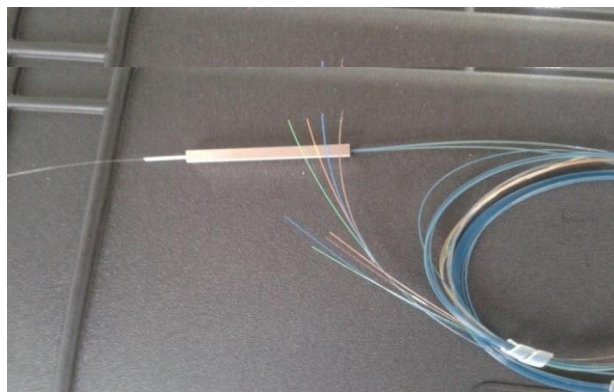


Figura 4.3 Divisor óptico 1x8

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.2 Pérdidas por inserción del divisor óptico 1x2

Longitud de onda [nm]	Puerto de salida	IL (pérdidas por inserción) [dB]
1310	Azul-1	9.92
	Anaranjado-1	9.81
	Verde-1	9.94
	Café-1	9.93
	Azul-2	9.93
	Anaranjado-2	9.82
	Verde-2	9.85
	Café-2	9.89
	Azul-1	9.86
	Anaranjado-1	9.90
	Verde-1	9.95
	Café-1	9.95
	Azul-2	9.92
	Anaranjado-2	9.90
	Verde-2	9.95
	Café-2	9.87
1550	Azul-1	10.04
	Anaranjado-1	10.08
	Verde-1	10.15
	Café-1	10.21
	Azul-2	10.07
	Anaranjado-2	10.09
	Verde-2	10.09
	Café-2	10.09

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Después de trabajar con los divisores, se midieron los valores de potencia de transmisión y recepción del OLT de la marca Huawei mostrado en la Figura 29. Algunos de las características más importantes del OLT se indican en la Tabla 4.2:



Figura 4.4 OLT Huawei

Fuente: Investigador

Tabla 4.3 Especificaciones del puerto GPON de OLT

Parámetro	Especificaciones
Tasa de transmisión	Transmisión (Tx): 2.488 [Gbps] Recepción (Rx): 1.244 [Gbps]
Tipo de puerto	SC/PC
Tipo de cable	Fibra óptica monomodo
Longitud de onda central	Transmisión (Tx): 1490 [nm] Recepción (Rx): 1310 [nm]
Potencia óptica de transmisión	1.5 [dBm] a 5.0 [dBm]
Sensibilidad máxima de recepción	-28 [dBm]
Potencia óptica de sobrecarga	-8 [dBm]

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Para la evaluación de la transmisión y sensibilidad se utilizó un medidor de potencia óptica conectado al OLT (la conexión de presenta en la Figura 4.5 para medir la potencia al transmitir en 1490 [nm] obteniéndose las mediciones del MPO, como la de la Figura 4.6, registradas en la Tabla 4.3, de las que se obtuvo su promedio y su desviación estándar.

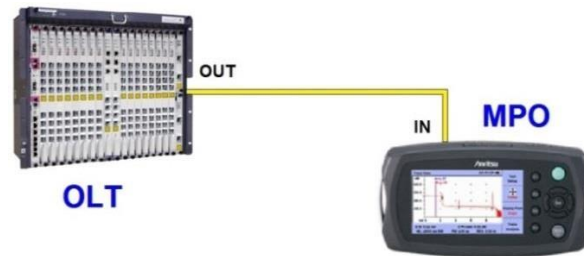


Figura 4.5 Configuración de conexiones para la prueba de TX del OLT

Fuente: (Damian, T M, 2016)



Figura 4.6 Potencia de TX (Downstream) del OLT a 1490 [nm]

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Tabla 4.4 Potencias de transmisión del OLT

No. de medición	Potencia medida [dBm]
1	2.41
2	2.60
3	2.60
4	2.56
5	2.59
6	2.65
7	2.66
8	2.56
9	2.47
10	2.50
Promedio	2.56
Desviación	0.08

Fuente: (Damian, T M, 2016)

De esta manera, los datos recabados permitieron determinar con la ayuda de la Tabla 4.4, la correcta transmisión del OLT ya que la potencia transmitida promedio que se obtuvo más su desviación, está dentro del intervalo dado por el fabricante.

Tabla 4.5 Resultado de las mediciones de TX en OLT

Potencia de salida permitida	Medición	Resultado
1.5 a 5 dBm	2.56 ± 0.08 dBm	PASA

Fuente: (Damian, T M, 2016)

De la misma manera se comprobó la operación del OLT en cuanto a la potencia de recepción conectando el equipo como se muestra en la Figura 4.7 y obteniendo las mediciones (ver Figura 4.8) expuestas dentro de la Tabla 4.5.



Figura 4.7 Configuración de conexiones para la prueba de RX del OLT

Fuente: (Damian, T M, 2016)



Figura 4.8 Potencia de RX (Upstream) del OLT a 1310 [nm]

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Tabla 4.6 Potencias de recepción del OLT

No. de medición	Potencia medida [dBm]
1	-12.06
2	-11.75
3	-12.02
4	-12.28
5	-12.33
6	-11.95
7	-11.99
8	-12.04
9	-12.04
10	-11.9
Promedio	-12.04
Desviación	0.17

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Se estableció que el OLT funcionaba correctamente dado que el promedio de las potencias recibidas evaluadas, incluyendo su desviación, estaba dentro del intervalo en que opera el dispositivo, de acuerdo con la Tabla 4.6.

Tabla 4.7 Resultado de las mediciones de RX en OLT

Potencia de entrada permitida	Medición	Resultado
-28 a -8 dBm	-12.04 ± 0.17 dBm	PASA

Fuente: (Damian, T M, 2016)






4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.2.1 Pruebas de operación & mantenimiento de una red GPON desde la NAP hasta el cliente.

4.2.2 Caracterización de la red GPON fibra óptica

Durante la visita al primer cliente en el que hizo la primera instalación, fue empleado el siguiente material enlistado en la Tabla 19, tanto para atender la parte de instalación como la parte de corrección de fallas que se presentaran durante y después de la instalación:

Tabla 4.8 Especificaciones técnicas de equipos de certificación.

Especificaciones de equipos de certificación.		
Equipo	Descripción	Figura
Localizador visual de fallas (VFL). (Viavi solutions, 2016)	Permite inyectar luz en un extremo de la fibra para localizar las posibles fallas de la dispersión de la misma.	
Microscopio óptico	Permite observar el estado de la sección transversal del conjunto: núcleo revestimiento de un conector de fibra óptica.	
Fusionadora	Permite unir dos hilos de fibra del mismo tipo.	
OTDR (reflectómetro)	Equipo que Permite obtener la traza de atenuación total con su respectivo cuadro de resultados	
Power Meter	Permite transmitir y medir niveles de potencia.	

Fuente: (Norma técnica de diseño de ODN, CNT, 2012).

Tras el despliegue del enlace en el hogar del suscriptor, se revisaron los conectores dispuestos luego de haber realizado los empalmes requeridos, entonces, conforme a la configuración de conexiones de la Figura 4.9, se obtuvo en el microscopio la Figura 4.10, que deja ver que el conector no estaba totalmente libre de suciedad e imperfecciones.

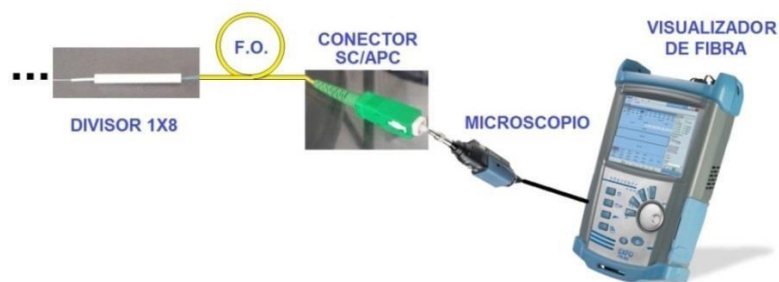


Figura 4.9 Configuración de conexiones para visualización de fibra

Fuente: (Damian, T M, 2016)

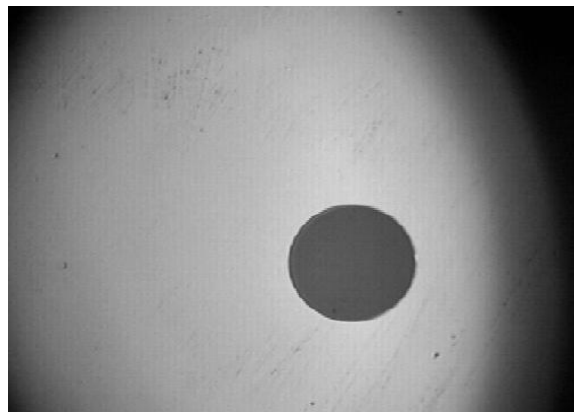


Figura 4.10 Conector para ONT del cliente con algunas partículas de suciedad

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Como este conector no pasaba la inspección de limpieza, fue necesario resolver el problema, cuya resolución se encuentra en el punto 4.3.1, una vez que se solucionó el inconveniente se continuó con las siguientes pruebas.

Luego de la revisión de conectores, se procedió con la comprobación del funcionamiento del ONT, de acuerdo a las especificaciones de datos Huawei Technologies, *EchoLife HG8245*, algunas de las características más importantes se pueden observar en la Tabla 4.8

Tabla 4.9 Especificaciones del puerto GPON de ONT Huawei EchoLife HG8245

Parámetro	Especificaciones
Tasa de transmisión	Recepción (Rx): 2.488 [Gbps] Transmisión (Tx): 1.244 [Gbps]
Tipo de puerto	SC/APC
Tipo de cable	Fibra óptica monomodo
Máximo alcance	20 [km]
Longitud de onda central	Transmisión (Tx): 1310 [nm] Recepción (Rx): 1490 [nm]
Potencia óptica de transmisión	0.5 [dBm] a 5.0 [dBm]
Sensibilidad máxima de recepción	-27 [dBm]
Potencia óptica de sobrecarga	-8 [dBm]

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Así, para medir la potencia se empleó un medidor de potencia especial para este tipo de redes, el cual permite que la comunicación sea ininterrumpida y se midan las potencias reales, este dispositivo es un MPO PON y se conectó como se presenta en la Figura 4.11, del que se recabaron las potencias (ver Figura 4.12) registradas en la Tabla 4.9

**Figura 4.11 Configuración de conexiones para medir transmisión en ONT**

Fuente: (Damian, T M, 2016)



Figura 4.12 Potencia de TX (Upstream) de la ONT del cliente a 1310 [nm]

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Tabla 4.10 Potencias de transmisión de la ONT del cliente

No. de medición	Potencia medida [dBm]
1	2.71
2	2.65
3	2.66
4	2.69
5	2.73
6	2.62
7	2.71
8	2.80
9	2.66
10	2.72
Promedio	2.70
Desviación	0.05

Fuente: (Damian, T M, 2016)

De acuerdo a la media de estos valores adicionando su desviación, se pudo determinar que el ONT pasaba la prueba de transmisión, conforme lo mostrado por la Tabla 4.10

Tabla 4.11 Resultado de las mediciones de TX de la ONT del cliente

Potencia de salida permitida	Medición	Resultado
0.5 a 5.0 dBm	2.70 ± 0.05	PASA

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Mientras que para la recepción se realizaron las conexiones de la Figura 4.13, con las que se pudieron obtener mediciones como la de la Figura 4.14, estos datos se registraron en la Tabla 4.11 que se muestra a continuación.



Figura 4.13 Configuración de conexiones para medir recepción en ONT

Fuente: (Damian, T M, 2016)



Figura 4.14 Potencia de RX (Downstream) de la ONT del cliente a 1490 [nm]

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Tabla 4.12 Potencias de recepción de la ONT del cliente

No. de medición	Potencia medida [dBm]
1	-11.98
2	-12.14
3	-11.84
4	-11.87
5	-11.98
6	-11.91
7	-12.2
8	-11.99
9	-12.07
10	-12.02
Promedio	-12
Desviación	0.11

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Por los valores recuperados de recepción en promedio y su desviación estándar, se pudo validar la correcta recepción del ONT de acuerdo a lo mostrado por la Tabla 4.12, y del mismo modo, se confirmó el buen funcionamiento en general del ONT, con lo que se pudo continuar con la prueba de activación de servicios.

Tabla 4.13 Resultado de las mediciones de RX del ONT del cliente

Potencia de salida permitida	Medición	Resultado
-27 a -8 dBm	-12.00 ± 0.11	PASA

Fuente: (Damian, T M, 2016)

4.2.3 Pruebas de activación de servicios en redes GPON

Después se realizó la prueba de activación de servicios con la ayuda de la Tabla 4.13 a partir de la hoja de especificaciones del ONT, (Huawei Technologies, *EchoLife HG8245* 2011) dicha prueba consistió en verificar que los indicadores luminosos del ONT encendieran de acuerdo al estado de la conexión

Tabla 4.14 Indicaciones de los LEDs del ONT

LED	Descripción		Estado	Descripción		
POWER	Suministro de energía		Verde, siempre encendido	El dispositivo está encendido		
			Anaranjado, siempre encendido	La batería de respaldo está funcionando		
			Apagado	El suministro de energía está desconectado		
LAN1-LAN4	Puertos Ethernet		Siempre encendido	La conexión Ethernet está en estado normal		
			Parpadeando	Se está transmitiendo información por el puerto		
			Apagado	Conexión Ethernet no establecida		
TEL1-TEL2	Puertos telefónicos de voz		Siempre encendido	La conexión con el servidor de voz está establecida		
			Parpadeo rápido	La conexión está establecida y el teléfono está descolgado o en llamada entrante		
			Parpadeo lento	El ONT se está registrando con el servidor de voz		
			Apagado	La conexión con el servidor no está establecida		
WLAN	LAN inalámbrica		Siempre encendido	La función de red inalámbrica LAN está habilitada		
			Parpadeando	Se está transmitiendo información por el puerto WLAN		
			Apagado	La función de red inalámbrica LAN está deshabilitada		
PON	LOS	Autenticación	Conexión	Apagado	Apagado	El ONT está deshabilitado por el OLT
				Parpadeo rápido	Apagado	el ONT está intentando establecer una conexión con el OLT
				Siempre encendido	Apagado	La conexión entre el ONT y el OLT está establecida
				Apagado	Parpadeo lento	La potencia recibida por el ONT es menor que la sensibilidad
				Parpadeo rápido	Parpadeo rápido	El OLT detecta que el dispositivo es un ONT no autorizado

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Entonces, para confirmar que los servicios funcionaran adecuadamente, se estableció la Tabla 4.14 de acciones para la evaluación de servicios, en la que se observa que el establecimiento de la conexión fue exitoso, y que los servicios de televisión, teléfono e internet eran funcionales.

Tabla 4.15 Valoración del estado de los servicios para el cliente

Actividad	Estado del LED	Veredicto
El equipo está encendido	POWER verde encendido	PASA
Hay comunicación entre OLT y ONT	PON encendido y LOS apagado	PASA
Televisión en funcionamiento	LAN1 parpadeando	PASA
Teléfono en funcionamiento	TEL1 encendido	PASA
Wi-fi en funcionamiento	WLAN encendido	PASA

Fuente: (Damian, T M, 2016)

De esta manera se dio por concluida y correcta la instalación del enlace de fibra óptica y la operación de los servicios multimedia en este cliente.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.3.1 Resolución de fallas de capa física en la red GPON

Debido a la presencia de suciedad en el conector, seguramente el enlace hubiera presentado inconvenientes como la disminución de las potencias recibidas y transmitidas, por lo que se procedió a hacer la limpieza de dicho conector para que pudiera pasar la inspección, resultando la imagen de microscopio de la Figura 4.15.

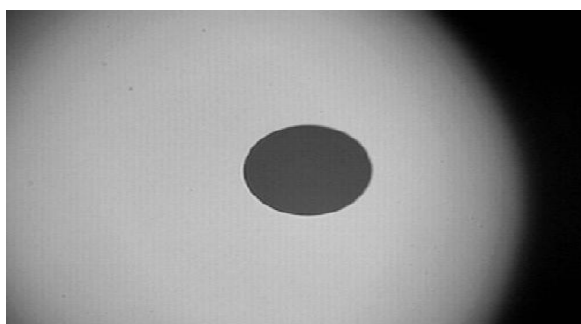


Figura 4.15: Conector para ONT del cliente limpio

Fuente: (Damian, T M, 2016)

Una vez lograda la comprobación del buen estado del conector, fue posible proseguir a realizar las mediciones de potencia que recibía y transmitía el ONT.

4.3.2 Resolución de fallas en capa de servicios

Luego de haber solucionado el asunto de la suciedad del conector, ya no se presentaron más inconvenientes en la etapa de activación de servicios.

4.3.3 Guía digital para el análisis y resolución de fallas en la red GPON

Tabla 4.16 Guía digital de fallas en la red GPON

SPLITER	SLOT	PUERTO	POTENCIA PROMEDIO TX EN ODF-OLT (dBm)	POTENCIA PROMEDIO RX EN NAP-ONT (dBm)	SPLITER 1/32	SPLITER 1/64	RESULTADO
1/64	1	0	3,09	-20,05	NO PASA	PASA	PASA
1/64	1	1	3,72	-17,63	PASA	NO PASA	NO PASA
1/32	1	2	3,73	-18,14	PASA	NO PASA	PASA
1/64	1	3	2,65	-18,23	PASA	NO PASA	NO PASA
1/32	1	4	2,98	-18,33	PASA	NO PASA	PASA
1/64	1	5	3,58	-18,12	PASA	NO PASA	NO PASA
1/32	1	6	3,33	-18,11	PASA	NO PASA	PASA
1/64	1	7	3,2	-20,33	NO PASA	PASA	PASA

Fuente: Elaborado por el autor

Se ejecuta las pruebas de validación en tres centrales en el cuarto de equipos que están instaladas las OLT estas son mariscal sucre, Carcelén y Tumbaco por cada puerto PON se tomaros diez mediciones, cinco con un power meter y las restantes con un equipo de mayores características como es el OTDR, con el resultado del total de los valores se determina un valor promedio y se asigna un margen de tolerancia de más menos 2 (dbm).

Para la recepción se realiza en dos edificios uno en el sector de Cumbaya (Edificio Alicante), otro edificio en Tumbaco (Edificio Puertas del sol) y el ultimo en una urbanización en la central de San Rafael (Conjunto para Ti) todos estos con un splitter de 1/32 igualmente por cada splitter se realizan diez mediciones, cinco con el power meter y las restantes con el equipo OTDR, sin diferencias en medidas entre los dos equipos, también al igual que la transmisión con respecto al resultado del total de los valores se determina un valor promedio y se asigna un margen de tolerancia de más menos 2 (dbm).

Al finalizar las pruebas, se obtuvieron los valores de pérdidas por inserción de los divisores ópticos 1x32, los datos recabados permiten determinar con la ayuda de la Tabla 4.15, la correcta transmisión del (OLT) ya que la potencia transmitida promedio está dentro del intervalo dado por las pruebas medidas de 2 a 4 (dbm), Para la (ONT) la potencia de recepción promedio entre 16.5 a 18.5 (dbm), como resultado realizan comparaciones entre los dos valores que se visualiza PASA - NO PASA resaltado en color amarillo.

En la misma tabla 4.15, se ingresan los valores de pérdidas por inserción de los divisores ópticos 1x64, la correcta transmisión del (OLT) ya que la potencia transmitida promedio está dentro del intervalo dado por las pruebas medidas de 2 a 4 (dbm), Para la (ONT) la potencia recepción promedio entre 19.5 a 21.5 (dbm), como resultado realizan comparaciones entre los dos valores que se visualiza PASA - NO PASA resaltado en color rojo.

4.3.4 Implementación del software del guía digital

Tabla 4.17 Guía digital para de fallas en la red GPON

Splitter	Slot	Puerto	Potencia Promedio TX en ODF-OLT (dBm)	Potencia Promedio RX en NAP-ONT (dBm)	Resultado
1/32	1	0	2,1	-16,7	Pasa
1/32	1	1	2,7	-17,7	Pasa
1/32	1	2	3	-17,9	Pasa
1/32	1	3	3,4	-18,4	Pasa
1/64	1	4	3,8	-19,5	Pasa
1/64	1	5	2,6	-20,8	Pasa
1/64	1	6	2,5	-21,2	Pasa
1/64	1	7	3,6	-21,5	Pasa

Restablecer

Calcular

Fuente: Elaborado por el autor

Se utiliza el programa creado en HTML+ CSS + JavaScript, con un lenguaje de programación JavaScript.

Lenguaje de Marcas de Hipertexto (HTML)

(HyperText Markup Language) Es un lenguaje de programación que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet. Su función es la gestión y organización del contenido. (Etiqueta)

Hojas de estilo en cascada (CSS)

(Cascading Style Sheets), Ya hemos visto cómo los programadores introducen el contenido en nuestra web. Pero hay que darle color, vida y estilo a nuestra página y darle un formato común para todos los navegadores y dispositivos digitales. (Estilo)

Lenguaje de programación (JavaScript)

Una vez establecido el contenido y las características visuales de nuestra página vamos a hacer que funciones. JavaScript es el lenguaje de programación que se encarga de la interacción dinámica de los elementos presentes en el documento.

CONCLUSIONES

- Se logra comprobar la integridad física de la fibra óptica, es decir, validando que no está demasiado doblada, presionada, estirada o tener cualquier exceso de tensión mecánica que forme macro curvaturas que provoquen quiebres o mayores pérdidas de potencia óptica, de esta manera se soluciona las fallas en la capa física y de servicios en la red GPON.
- El diseño de una red de distribución óptica, debe ser cuidadosamente revisado antes de la implementación y configuración el estado de operación del equipo, que funcione correctamente dentro de los intervalos de operación tanto en las potencias de entrada y salida, además sería conveniente revisar las longitudes de onda, anchos de banda, entre otros parámetros relacionado con la transmisión, y poder validar los valores medidos e ingresarlos al guía digital, con esto garantizamos la operación & Mantenimiento de una red GPON con el cliente.
- Del análisis y resolución de fallas en la red GPON, se ejecuta la activación de los servicios de voz, y datos, esto es luego que se valida los valores medidos tanto en la transmisión TX como en la recepción RX en el guía digital, teniendo como resultado la sincronización de la ONT y autenticando el servicio de voz y datos en la velocidad solicitada por el cliente.
- Se determina que el uso del guía digital, que se ofrece a los fiscalizadores, y nuevos proveedores de servicios de internet en el país (ISPs), una solución donde se pueda encontrar el procedimiento a seguir para la resolución de cualquier caso que implique afectación de servicio en la red GPON. Con el análisis planteado estamos preparados para lo que se viene el Internet de las cosas, (**Internet of Things**) se trata de una red que interconecta objetos físicos valiéndose del Internet, en función de las tareas que le sean dictadas remotamente.

RECOMENDACIONES

- En las redes GPON, se recomienda realizar las pruebas reflectométricas desde la ONT hasta la OLT. Las distancias del cable en la red son importantes para detectar puntos de fusión, eventos de curvatura, conectores y *splitters* instalados en la red de distribución óptica; la información de la distancia tiene que ser precisa para determinar la atenuación de la fibra.
- Para la selección de equipos se deberá tener muy en claro la obtención del presupuesto de pérdidas, porque de ello dependerá directamente la selección de los equipos activos a utilizar en la red.
- El personal técnico de operación & mantenimiento de la red GPON deberá contar con conocimiento sólidos en el manejo y operación de la misma lo cual permitirá evitar futuros inconvenientes en su rendimiento y normal funcionamiento.
- Para el cálculo del presupuesto de pérdida se deben de considerar los valores más altos posibles respecto a la atenuación, fusiones, conectorización, fusiones y splitteo para proveer una conectividad altamente segura.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, 5. C. (2013). Tesis Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON. Guayaquil,.
- Cardozo, 2. F. (2002). evaluación de nuevas tecnologías de última milla para acceso dedicado a internet,. *Telématique, vol. 1, 1*, pp. 10-20, .
- CNT E.P. (2014). Manual red GPON.
- Contreras. (2009). *Redes de telecomunicaciones*.
- Damian, T M. (2016). *Análisis y resolución de fallas en la instalación y operación de una red GPON de fibra a la casa Cd. . México*.
- Donoso, J. S. (2011). Recuperado el 5 de marzo de 2015, de jsaavedra@entel.cl.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill/Interamericana editores, Quita edicion.
- Huawei Technologies. (2009). SmartAX MA5600T Multi-service Access Module Commissioning and Configuration Guide.
- L. G. Kazovsky, N. C.-T.-W. (2011). Wong, Broadband Optical Access Networks, New Jersey: Wiley, ,.
- Malfer, P. &. (25 de Diciembre de 2009). <http://es.slideshare.net/danyteleko/xdsl-2775193>.
Obtenido de <http://es.slideshare.net/danyteleko/xdsl-2775193>.
- (PMD), 1.-P. M. (14 de marzo de 2011). www.itu.int. Obtenido de <https://www.itu.int>:
<https://www.itu.int>
- PARANINFO, J. M. (2003). *TECNOLOGIAS AVANZADAS DE TELECOMUNICACIONES*.
- Perea, J. (14 de Marzo de 2009). *Abadia Digital*. Obtenido de <http://www.abadiadigital.com/que-es-el-adsl2/>
- Séptima, W. S. (2004). Comunicaciones y Redes de Computadores. En W. Stallings, *PEARSON EDUCACIÓN* (pág. P. 896). Madrid: ed., Madrid.
- Sternsdorff, 4. M. (s.f.). Ingeniare. *Chilena de Ingeniería*, 122-123, 2009.
- TE Connectivity. (2014). Vallejo. 21.
- Vallejo. (2012). Investigación del mercado.

ANEXOS

ANEXO 1

GLOSARIO DE TERMINOS / NORMAS

TERMINO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
OLT	Optical Line Terminal	Equipo de Central
ONT	Optical Network Terminal	Equipo de Cliente
ODN	Optical Distribution Network	Planta Externa de Fibra Óptica
FTTH	Fiber To The Home	Fibra al Hogar
ODF	Optical Distribution Frame	Distribuidor de Fibra Óptica
FDH	Fiber Distribution Home's	Armarios
NAP	Network Access Point	Caja de Distribución Óptica
FDB	Fiber Distribution Building	Caja de Distribución Principal
FDF	Fiber Distribution Floor	Caja de Distribución Secundaria

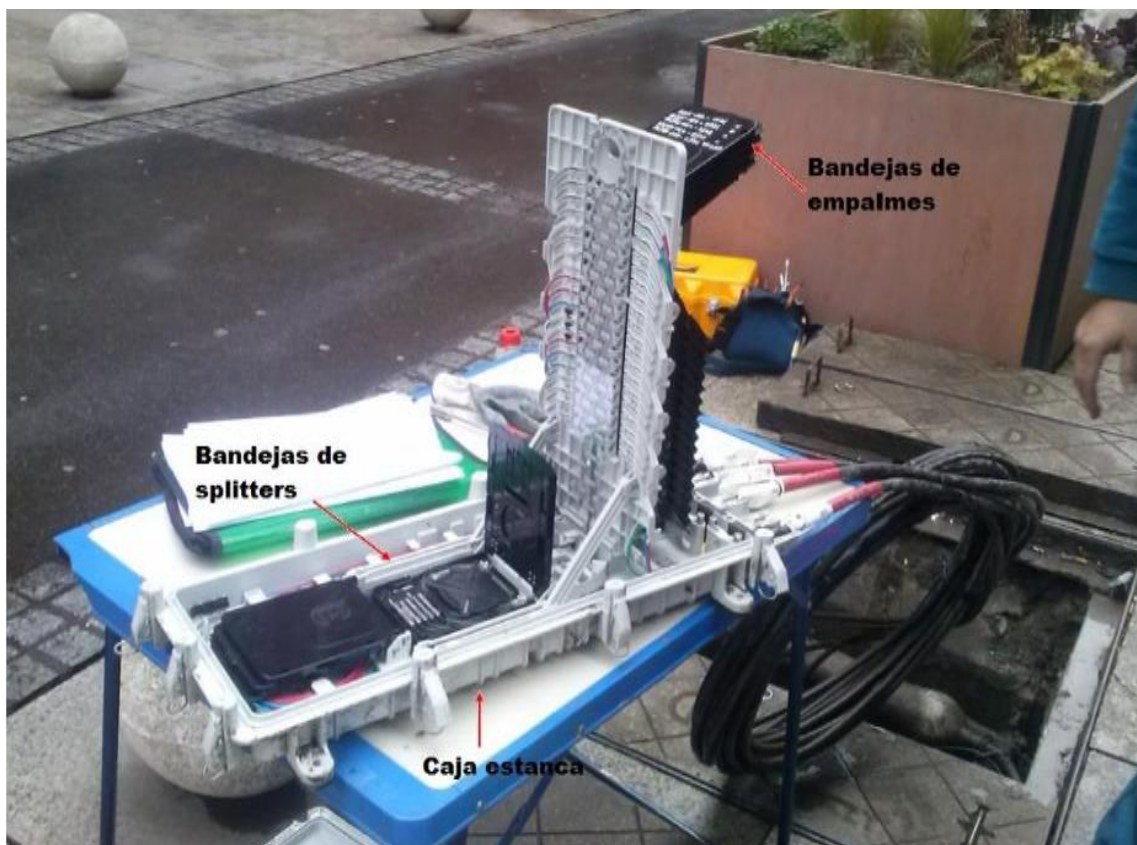
ANEXO 2

HUAWEI MA5600T OLT



ANEXO 3

CAJA DE DISPERSION O NAP



ANEXO 4

CONECTORES ÓPTICOS

Conectores Ópticos

Estándares de Interfaz Mecánica

Se puede elegir entre varias familias...seleccionar tipo de conector de las series IEC 61754



FC (IEC 61754-13)



MU (IEC 61754-6)



SC (IEC 61754-4)



LX.5(IEC 61754-23)



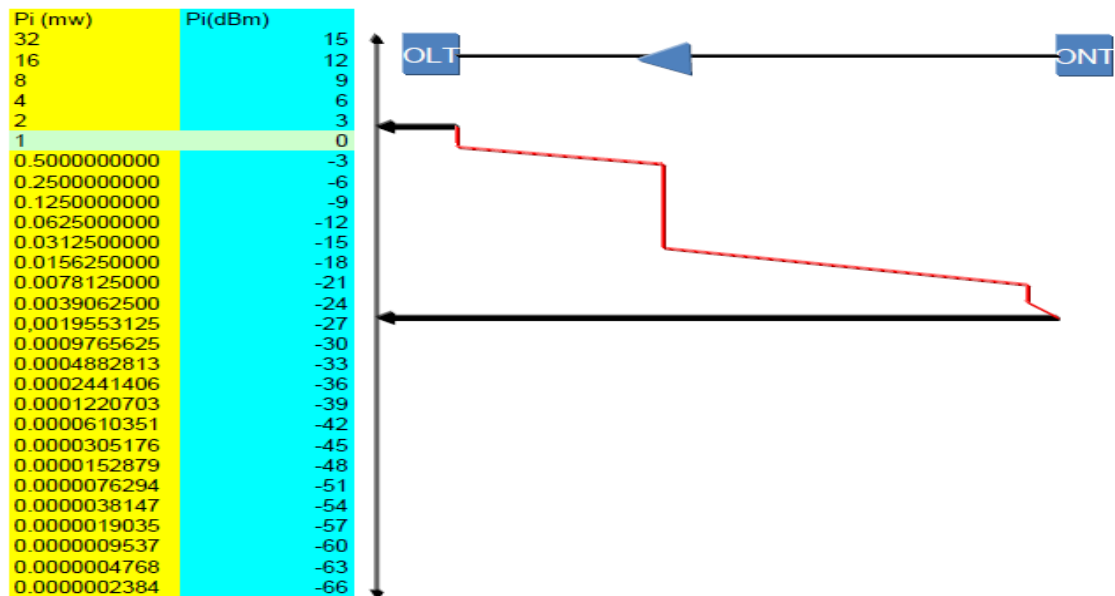
LC (IEC 61754-20)



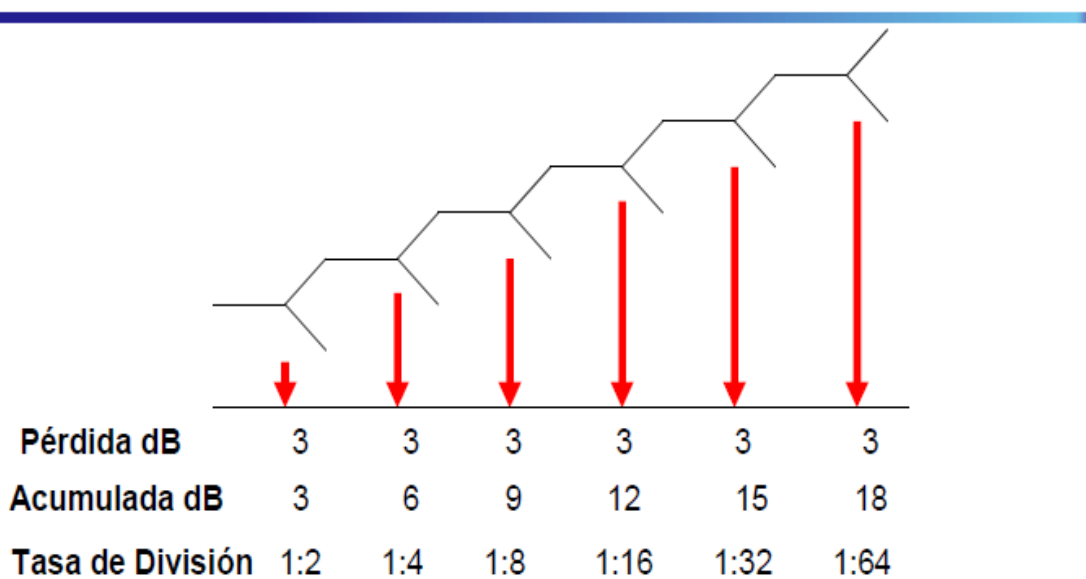
MPO (12 FO connector)
(IEC 61754-7)

ANEXO 5

PARÁMETROS DE RED GPON



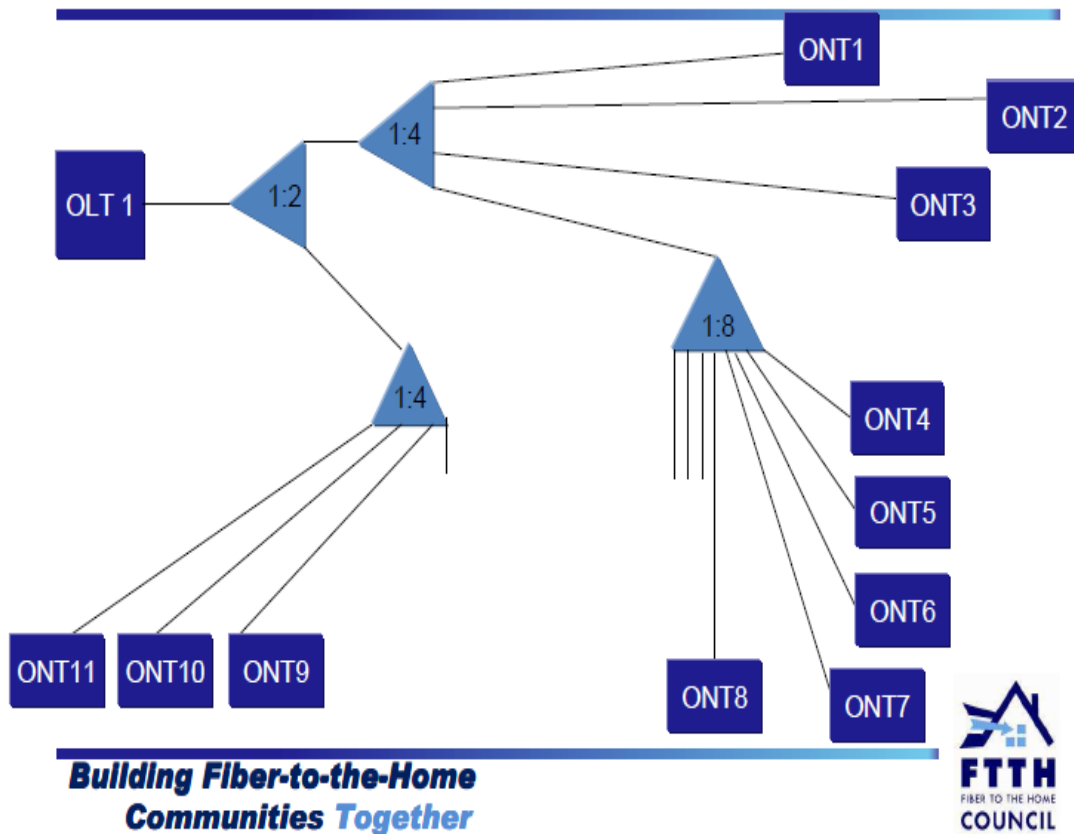
Tasa de División Óptica y pérdidas de Inserción en dB



ANEXO 6

DIVISIÓN EN CASCADA O ETAPAS EN LA RED GPON

Division en cascada o etapas



ANEXO 7

PRUEBAS DE POTENCIA TANTO EN TX (OLT) COMO EN RX (NAP)

Se ejecutan pruebas, en el equipo en producción Huawei MA5600T (mariscal 5) es decir se recabaron valores reales en la plataforma que se encuentra instalada a nivel nacional. Se mide en la TX en los seis puertos PON de la OLT ya que el puerto uno y puerto dos estan en producción y no se puede afectar el servicio, obteniendo valores de potencia positivos que genera nuestro equipo.

Luego se procede con la medición de valores en la RX para esto se ejecuta a la salida del splitter o ingreso del ONT Huawei Echolife HG8245 en cuatro puertos instalados en la central, obteniendo valores de potencia negativos por las perdidas causadas en el trayecto de la red esto es (conectores, empalmes).



Valores recopilados en la transmisión del OLT.



Valores recopilados en la recepción del NAP - Splitter de 1/8 (realizado en cuatro puertos en la central).



Ingreso de valores medidos al guía digital, como resultado sincroniza la ONT en los puertos medidos.

Spliter	Slot	Puerto	Potencia Promedio TX en ODF-OLT (dBm)	Potencia Promedio RX en NAP-ONT (dBm)	Resultado
1/8 ▼	1 ▼	0 ▼	2.88	-13.15	Pasa
1/8 ▼	1 ▼	1 ▼			No Pasa
1/8 ▼	1 ▼	2 ▼			No Pasa
1/8 ▼	1 ▼	3 ▼	3.44	-14.27	Pasa
1/8 ▼	1 ▼	4 ▼	3.15	-13.60	Pasa
1/8 ▼	1 ▼	5 ▼	3.11	-14.05	Pasa
1/8 ▼	1 ▼	6 ▼	3.12		No Pasa
1/8 ▼	1 ▼	7 ▼	2.70		No Pasa

ANEXO 8

LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN DEL GUÍA DIGITAL

Parte HTML(Etiqueta)

```

<!DOCTYPE html>
<html>

<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <title>Splitters</title>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="recursos/main.css" />
  <script src="recursos/main.js"></script>
</head>

<body>
  <div class="contenedor">
    <div class="titulo">
      <h1>Guía digital para remediación de fallas en la red GPON</h1>
    </div>
    <div class="contenedorTabla">
      <form action="index2.html" target="request">
        <table id="tablaDatos">
          <tr>
            <th>Spliter</th>
            <th>Slot</th>
            <th>Puerto</th>
            <th>Potencia Promedio TX en ODF-OLT (dBm)</th>
            <th>Potencia Promedio RX en NAP-ONT (dBm)</th>
            <th>Resultado</th>
          </tr>
          <tr>
            <td>
              <select name="splittersData" id="spliterSelect1">
                <option value="1">1/32</option>
                <option value="2">1/64</option>
              </select>
            </td>
            <td>
              <select name="slotData">
                <option>1</option>
                <option>2</option>
                <option>3</option>
                <option>4</option>
                <option>5</option>
                <option>6</option>
                <option>7</option>
                <option>8</option>
                <option>9</option>
                <option>10</option>
                <option>11</option>
                <option>12</option>
                <option>13</option>
                <option>14</option>
              </select>
            </td>
          </tr>
        </table>
      </form>
    </div>
  </div>

```

```

        <option>15</option>
        <option>16</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="portData">
        <option>0</option>
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>
        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>

    </select>
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx1"/>
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx1"/>
</td>
<td>
    <div id="txtResultado1"></div>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
    <select name="splittersData" id="spliterSelect2">
        <option value="1">1/32</option>
        <option value="2">1/64</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="slotData">
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>
        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>
        <option>8</option>
        <option>9</option>
        <option>10</option>
        <option>11</option>
        <option>12</option>
        <option>13</option>
        <option>14</option>
        <option>15</option>
        <option>16</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="portData">
        <option>0</option>
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>

```



```

        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>

    </select>
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx2" />
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx2"/>
</td>
<td>
    <div id="txtResultado2"></div>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
    <select name="splittersData" id="spliterSelect3">
        <option value="1">1/32</option>
        <option value="2">1/64</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="slotData">
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>
        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>
        <option>8</option>
        <option>9</option>
        <option>10</option>
        <option>11</option>
        <option>12</option>
        <option>13</option>
        <option>14</option>
        <option>15</option>
        <option>16</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="portData">
        <option>0</option>
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>
        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>

    </select>
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx3" />
</td>
<td>

```



```

        <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx3"/>
    </td>
    <td>
        <div id="txtResultado3"></div>
    </td>
</tr>
<tr>
    <td>
        <select name="splittersData" id="spliterSelect4">
            <option value="1">1/32</option>
            <option value="2">1/64</option>
        </select>
    </td>
    <td>

        <select name="slotData">
            <option>1</option>
            <option>2</option>
            <option>3</option>
            <option>4</option>
            <option>5</option>
            <option>6</option>
            <option>7</option>
            <option>8</option>
            <option>9</option>
            <option>10</option>
            <option>11</option>
            <option>12</option>
            <option>13</option>
            <option>14</option>
            <option>15</option>
            <option>16</option>
        </select>
    </td>
    <td>

        <select name="portData">
            <option>0</option>
            <option>1</option>
            <option>2</option>
            <option>3</option>
            <option>4</option>
            <option>5</option>
            <option>6</option>
            <option>7</option>

        </select>
    </td>
    <td>
        <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx4" />
    </td>
    <td>
        <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx4"/>
    </td>
    <td>
        <div id="txtResultado4"></div>
    </td>
</tr>
<tr>
    <td>
        <select name="splittersData" id="spliterSelect5">
            <option value="1">1/32</option>
            <option value="2">1/64</option>

```

```

    </select>
  </td>
</td>

  <select name="slotData">
    <option>1</option>
    <option>2</option>
    <option>3</option>
    <option>4</option>
    <option>5</option>
    <option>6</option>
    <option>7</option>
    <option>8</option>
    <option>9</option>
    <option>10</option>
    <option>11</option>
    <option>12</option>
    <option>13</option>
    <option>14</option>
    <option>15</option>
    <option>16</option>
  </select>
</td>
</td>

  <select name="portData">
    <option>0</option>
    <option>1</option>
    <option>2</option>
    <option>3</option>
    <option>4</option>
    <option>5</option>
    <option>6</option>
    <option>7</option>

  </select>
</td>
</td>
  <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx5" />
</td>
</td>
  <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx5" />
</td>
</td>
  <div id="txtResultado5"></div>
</td>
</tr>
<tr>
  <td>
    <select name="splittersData" id="spliterSelect6">
      <option value="1">1/32</option>
      <option value="2">1/64</option>
    </select>
  </td>
</td>

  <select name="slotData">
    <option>1</option>
    <option>2</option>
    <option>3</option>
    <option>4</option>
    <option>5</option>
    <option>6</option>

```

```

        <option>7</option>
        <option>8</option>
        <option>9</option>
        <option>10</option>
        <option>11</option>
        <option>12</option>
        <option>13</option>
        <option>14</option>
        <option>15</option>
        <option>16</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="portData">
        <option>0</option>
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>
        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>

    </select>
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx6" />
</td>
<td>
    <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx6"/>
</td>
<td>
    <div id="txtResultado6"></div>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
    <select name="splittersData" id="spliterSelect7">
        <option value="1">1/32</option>
        <option value="2">1/64</option>
    </select>
</td>
<td>

    <select name="slotData">
        <option>1</option>
        <option>2</option>
        <option>3</option>
        <option>4</option>
        <option>5</option>
        <option>6</option>
        <option>7</option>
        <option>8</option>
        <option>9</option>
        <option>10</option>
        <option>11</option>
        <option>12</option>
        <option>13</option>
        <option>14</option>
        <option>15</option>
        <option>16</option>
    </select>

```

```

</td>
<td>

  <select name="portData">
    <option>0</option>
    <option>1</option>
    <option>2</option>
    <option>3</option>
    <option>4</option>
    <option>5</option>
    <option>6</option>
    <option>7</option>

  </select>
</td>
<td>
  <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx7" />
</td>
<td>
  <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx7"/>
</td>
<td>
  <div id="txtResultado7"></div>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
  <select name="splittersData" id="spliterSelect8">
    <option value="1">1/32</option>
    <option value="2">1/64</option>
  </select>
</td>
<td>

  <select name="slotData">
    <option>1</option>
    <option>2</option>
    <option>3</option>
    <option>4</option>
    <option>5</option>
    <option>6</option>
    <option>7</option>
    <option>8</option>
    <option>9</option>
    <option>10</option>
    <option>11</option>
    <option>12</option>
    <option>13</option>
    <option>14</option>
    <option>15</option>
    <option>16</option>
  </select>
</td>
<td>

  <select name="portData">
    <option>0</option>
    <option>1</option>
    <option>2</option>
    <option>3</option>
    <option>4</option>
    <option>5</option>
    <option>6</option>

```

```
<option>7</option>

</select>
</td>
<td>
  <input type="number" step="0.1" name="potTx1" id="textTx8" />
</td>
<td>
  <input type="number" step="0.1" name="potRx1" id="textRx8"/>
</td>
<td>
  <div id="txtResultado8"></div>
</td>
</tr>
</table>
<div class="contenedorBotones">
  <br>
  <input type="reset" class="botonForm"/>
</div>
</form>
<br>
<button id="btnCalcular" class="botonForm">Calcular</button>
</div>
</div>

</body>

</html>
```

Parte CSS (Estilos)

```
.titulo{
  width: 55%;
  margin: auto;
}
.contenedorTabla
{
  width: 80%;
  margin: auto;
}
table,th,tr,td
{
  border: 1px solid black;
}
td,th
{
  width: 16%;
}
td
{
  padding: 3px;
}
select{
  width: 96%;
  margin: auto;
  padding: 3px;
}
td input
{
  width: 94%;
  margin: auto;
  padding: 3px;
}
.botonForm
{
  width: 120px;
  height: 40px;
}
```

Parte JavaScript (Programación)

```
window.addEventListener("load",iniciarAPP);
```

```
var boton; //sirve para usar el botón que va a leer los valores y realizar los cálculos
```

```
var valTx1; //guarda las potencias de transmisión
var valTx2;
var valTx3;
var valTx4;
var valTx5;
var valTx6;
var valTx7;
var valTx8;
```

```
var valRx1; //guarda las potencias de recepción
var valRx2;
var valRx3;
var valRx4;
var valRx5;
var valRx6;
var valRx7;
var valRx8;
```

```
var selectSpliter1; //verifica que tipo de spliter es
var selectSpliter2;
var selectSpliter3;
var selectSpliter4;
var selectSpliter5;
var selectSpliter6;
var selectSpliter7;
var selectSpliter8;
```

```
var strSelect1;
var strSelect2;
var strSelect3;
var strSelect4;
var strSelect5;
var strSelect6;
var strSelect7;
var strSelect8;
```

```
function iniciarAPP()
{
  //alert("calculando");
  boton=document.getElementById("btnCalcular");
  boton.addEventListener("click",realizarCalculo);
}
function realizarCalculo()
{
  valTx1=parseFloat(document.getElementById("textTx1").value);
  valTx2=parseFloat(document.getElementById("textTx2").value);
  valTx3=parseFloat(document.getElementById("textTx3").value);
  valTx4=parseFloat(document.getElementById("textTx4").value);
  valTx5=parseFloat(document.getElementById("textTx5").value);
  valTx6=parseFloat(document.getElementById("textTx6").value);
  valTx7=parseFloat(document.getElementById("textTx7").value);
  valTx8=parseFloat(document.getElementById("textTx8").value);

  valRx1=parseFloat(document.getElementById("textRx1").value);
  valRx2=parseFloat(document.getElementById("textRx2").value);
  valRx3=parseFloat(document.getElementById("textRx3").value);
  valRx4=parseFloat(document.getElementById("textRx4").value);
```

```

valRx5=parseFloat(document.getElementById("textRx5").value);
valRx6=parseFloat(document.getElementById("textRx6").value);
valRx7=parseFloat(document.getElementById("textRx7").value);
valRx8=parseFloat(document.getElementById("textRx8").value);

selectSpliter1=document.getElementById("spliterSelect1");
strSelect1=selectSpliter1.options[selectSpliter1.selectedIndex].value;

selectSpliter2=document.getElementById("spliterSelect2");
strSelect2=selectSpliter2.options[selectSpliter2.selectedIndex].value;

selectSpliter3=document.getElementById("spliterSelect3");
strSelect3=selectSpliter3.options[selectSpliter3.selectedIndex].value;

selectSpliter4=document.getElementById("spliterSelect4");
strSelect4=selectSpliter4.options[selectSpliter4.selectedIndex].value;

selectSpliter5=document.getElementById("spliterSelect5");
strSelect5=selectSpliter5.options[selectSpliter5.selectedIndex].value;

selectSpliter6=document.getElementById("spliterSelect6");
strSelect6=selectSpliter6.options[selectSpliter6.selectedIndex].value;

selectSpliter7=document.getElementById("spliterSelect7");
strSelect7=selectSpliter7.options[selectSpliter7.selectedIndex].value;

selectSpliter8=document.getElementById("spliterSelect8");
strSelect8=selectSpliter8.options[selectSpliter8.selectedIndex].value;

if(strSelect1==1) //condiciones para revisar si pasa o no pasa
{
    if((valTx1>=2 && valTx1<=4) && (valRx1>=-18.5 && valRx1<=-16.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado1").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado1").innerHTML = "No Pasa";
    }
}
else
{
    if((valTx1>=2 && valTx1<=4) && (valRx1>=-21.5 && valRx1<=-19.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado1").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado1").innerHTML = "No Pasa";
    }
}

if(strSelect2==1)
{
    if((valTx2>=2 && valTx2<=4) && (valRx2>=-18.5 && valRx2<=-16.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado2").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado2").innerHTML = "No Pasa";
    }
}
}

```



```
else
{
  if((valTx2>=2 && valTx2<=4) && (valRx2>=-21.5 && valRx2<=-19.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado2").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado2").innerHTML = "No Pasa";
  }
}

if(strSelect3==1)
{
  if((valTx3>=2 && valTx3<=4) && (valRx3>=-18.5 && valRx3<=-16.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado3").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado3").innerHTML = "No Pasa";
  }
}
else
{
  if((valTx3>=2 && valTx3<=4) && (valRx3>=-21.5 && valRx3<=-19.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado3").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado3").innerHTML = "No Pasa";
  }
}

if(strSelect4==1)
{
  if((valTx4>=2 && valTx4<=4) && (valRx4>=-18.5 && valRx4<=-16.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado4").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado4").innerHTML = "No Pasa";
  }
}
else
{
  if((valTx4>=2 && valTx4<=4) && (valRx4>=-21.5 && valRx4<=-19.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado4").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado4").innerHTML = "No Pasa";
  }
}

if(strSelect5==1)
{
  if((valTx5>=2 && valTx5<=4) && (valRx5>=-18.5 && valRx5<=-16.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado5").innerHTML = "Pasa";
  }
}
```

```

    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado5").innerHTML = "No Pasa";
    }
}
else
{
    if((valTx5>=2 && valTx5<=4) && (valRx5>=-21.5 && valRx5<=-19.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado5").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado5").innerHTML = "No Pasa";
    }
}

if(strSelect6==1)
{
    if((valTx6>=2 && valTx6<=4) && (valRx6>=-18.5 && valRx6<=-16.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado6").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado6").innerHTML = "No Pasa";
    }
}
else
{
    if((valTx6>=2 && valTx6<=4) && (valRx6>=-21.5 && valRx6<=-19.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado6").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado6").innerHTML = "No Pasa";
    }
}

if(strSelect7==1)
{
    if((valTx7>=2 && valTx7<=4) && (valRx7>=-18.5 && valRx7<=-16.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado7").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado7").innerHTML = "No Pasa";
    }
}
else
{
    if((valTx7>=2 && valTx7<=4) && (valRx7>=-21.5 && valRx7<=-19.5))
    {
        document.getElementById("txtResultado7").innerHTML = "Pasa";
    }
    else
    {
        document.getElementById("txtResultado7").innerHTML = "No Pasa";
    }
}
}

```

```
if(strSelect8==1)
{
  if((valTx8>=2 && valTx8<=4) && (valRx8>=-18.5 && valRx8<=-16.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado8").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado8").innerHTML = "No Pasa";
  }
}
else
{
  if((valTx8>=2 && valTx8<=4) && (valRx8>=-21.5 && valRx8<=-19.5))
  {
    document.getElementById("txtResultado8").innerHTML = "Pasa";
  }
  else
  {
    document.getElementById("txtResultado8").innerHTML = "No Pasa";
  }
}
```