



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV
POR CABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA
DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO
RESIDENCIAL DE VIVIENDAS
UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN
LA GAVIOTA DEL MUNICIPIO SAN
DIEGO.**

Autores:

Eduardo J. Bueno S.

C.I: 22.519.913

Leanmarys J. Polanco M.

C.I: 22.726.843

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV POR CABLE MEDIANTE
TECNOLOGÍA DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL
DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN LA GAVIOTA
DEL MUNICIPIO SAN DIEGO.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Autores:

Bueno S., Eduardo J.

C.I.: 22.519.913

Polanco M., Leanmarys J.

C.I.22.726.843

Tutor: Ing. Centeno, José

San Diego, Marzo 2020.



FI-L -003-2019-3CR (TG)

Valencia, 09 de diciembre de 2019

Ciudadanos:
Polanco M, Leanmarys J.
22.726.843
Bueno S, Eduardo J.
22.519.913
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2019 de fecha 11-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV POR CABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN LA GAVIOTA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Ing. José Centeno C.I: 10.738.814 como Tutor Académico que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira
Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

LI/a.a.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. José Rafael Centeno Henríquez portador de la cedula de identidad N° V-10.738.814, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(los) ciudadano(s) Eduardo Jesús Bueno Suescun, portador de la cedula de identidad N° V-22.519.913 y Leanmarys Josefina Polanco Medina, portadora de la cedula de identidad N° V-22.726.843, titulado **“REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV POR CABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN LA GAVIOTA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veintiséis (26) días del mes de febrero del año dos mil veinte (2020).

Ing. José Rafael Centeno Henríquez
C.I. 10.738.814

DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo dedico primeramente a Dios por darme salud, fortaleza y sabiduría para cumplir con todas mis metas y superar los desafíos durante mis estudios universitarios.

A mi padre Eduardo y a mi madre Darly, por haberme formado con grandiosos valores, por su apoyo incondicional y gran amor durante el desarrollo de mis estudios universitarios. Así mismo a mis hermanos E. José y E. Javier, por siempre motivarme a continuar y generar buenos momentos sin importar lo atareado durante los tiempos de exámenes.

A mi querida familia, mis abuelos, mis tan queridos tios y en particular a Raquel y Sheyla, por siempre creer en mí, por ser voces de esperanza y aliento en todo momento.

Una dedicatoria especial a todos mis queridos/extraordinarios amigos de larga data y compañeros de estudios, quienes se vieron forzados de dejar los estudios o bien la situación país los llevo a otras latitudes de forma inesperada. Por cada una de esas personas excepcionales entrañables para mí, comparto este logro con ustedes desde la distancia.

Bueno, Eduardo

Dedico este logro a Dios por haber hecho grandes cosas en mí a lo largo de este camino.

Con mucho amor y para llenarlos de orgullo a mis padres Neidy y Leonardo, y para mi esposo Yordys; personajes que desde que decidí cursar esta carrera supieron mantener mi estabilidad con mucho amor y paciencia, son el motivo de mi alegría y de este logro; en especial a Gumersindo y Victor, desde el cielo sientan la satisfacción que tengo de haber llegado hasta acá con sus consejos y su cariño hacia a mí, fueron mis primeros tutores.

Polanco, Leanmarys

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por mantenerme por guiarme y mantener el enfoque sobre mis objetivos y metas.

A mis padres y familiares por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en especial durante el transcurso de la carrera.

A nuestro tutor el Ing. José Centeno, por su paciencia y dedicación impartido durante la carrera, por confiar en nuestra visión y prestar el apoyo académico tanto de profesor como ingeniero de gran experiencia, a lo largo del presente trabajo de grado.

A mis compañeros de estudio, ahora mis grandes amigos María, Michelle, Hans, Miguel, y en especial a mi co-tesista Leanmarys por estar presentes y ser partícipes activos durante el desarrollo de la carrera y en particular, en la realización del trabajo de grado.

Agradezco a la Universidad José Antonio Páez y a su personal docente, quienes me abrieron las puertas para prepararme y culminar esta etapa en mi desarrollo académico.

Bueno, Eduardo

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios por permitirme la vida, salud y sabiduría para culminar este propósito.

A mis padres Neidy y Leonardo por cada día entregarme amor, apoyo moral y económico durante toda la carrera.

A mis hermanas Leany, Leandris y Leanney porque han estado siempre allí para mí y yo para ustedes.

A mi esposo Yordys por su amor y entendimiento a lo largo de todo este camino.

A la Universidad José Antonio Páez que a través de sus profesores me entregaron conocimientos valiosos incluyendo al profesor Jesús Rodríguez quien ha supervisado el desarrollo de este trabajo para nuestra superación académica.

Al profesor Ing. José Centeno quien como tutor nos ayudó en toda nuestra investigación con paciencia y sabiduría.

A la empresa INTER, en especial a Oscar Alvarez quien nos brindó el apoyo técnico sin ningún interés.

A mis tías Nahir y Nohemi por preocuparse y apoyarme a lo largo de mi carrera

A mi familia Subgrupo, por sobrellevarme y darme todo en cuanto esté a su disposición en cada momento.

Polanco, Leanmarys

ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| CONTENIDO | Pág. |
| ÍNDICE DE FIGURA | x |
| ÍNDICE DE TABLAS | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiv |
| RESUMEN INFORMATIVO | xv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPÍTULO | |
| I EL PROBLEMA | |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 4 |
| 1.3 Objetivos de la investigación..... | 4 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.4 Justificación de la investigación..... | 5 |
| 1.5 Alcance..... | 6 |
| 1.6 Limitaciones..... | 7 |
| | |
| II MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 Antecedentes de la investigación..... | 8 |
| 2.2 Bases Teóricas..... | 10 |
| 2.2.1 Television Analógica y Digital..... | 10 |
| 2.2.2 Sistemas de distribución de Television..... | 11 |
| 2.2.2.1 Television Digital Terrestre TDA..... | 11 |
| 2.2.2.2 Television Digital Satelital..... | 12 |
| 2.2.2.3 Television por Cable..... | 13 |
| 2.2.3 Community Antenna Television (CATV)..... | 13 |
| 2.2.4 Triple Play..... | 14 |
| 2.2.5 Fibra Óptica..... | 14 |
| 2.2.6 Wavelength Division Multiplexing (WDM)..... | 15 |
| 2.2.7 Sistema de Comunicación Óptico..... | 15 |
| 2.2.8 Red de Fibra Óptica..... | 15 |
| 2.2.9 Redes Ópticas Pasivas..... | 15 |
| 2.2.10 Elementos de una red PON..... | 16 |
| 2.2.10.1 Optical Line Termination (OLT)..... | 16 |
| 2.2.10.2 Optical Network Termination (ONT)..... | 16 |
| 2.2.10.3 Multi Dwelling Unit (MDU)..... | 16 |
| 2.2.11 ATM PON (APON)..... | 17 |
| 2.2.12 Broadband PON (BPON)..... | 17 |
| 2.2.13 Gigabit-capable PON (GPON)..... | 17 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.2.14 | Ethernet PON (EPON)..... | 19 |
| 2.2.15 | Tecnología Fiber To The x (FTTx)..... | 19 |
| 2.2.16 | Arquitectura FTTH..... | 20 |
| 2.2.17 | Especificaciones del diseño de una red FTTH..... | 20 |
| 2.2.17.1 | Residencial-Viviendas Unifamiliares..... | 20 |
| 2.2.17.2 | Edificios-Viviendas Multifamiliares..... | 21 |
| 2.2.17.3 | Rural..... | 22 |
| 2.2.18 | Splitters Ópticos..... | 22 |
| 2.2.19 | Conectores..... | 22 |
| 2.2.20 | Caja de Empalmes..... | 23 |
| 2.2.21 | Hybrid Fiber Coaxial (HFC)..... | 23 |
| 2.2.22 | Internet Protocol Television (IPTV)..... | 23 |
| 2.2.23 | Power Line Communications (PLC)..... | 24 |
| 2.2.24 | Canalizaciones para Fibra Óptica..... | 24 |
| 2.2.25 | Técnicas de despliegue del cableado de Fibra Óptica..... | 24 |
| 2.2.25.1 | Tendido Aéreo..... | 24 |
| 2.2.25.2 | Tendido Subterráneo..... | 25 |
| 2.2.26 | Dispersión..... | 25 |
| 2.2.27 | Atenuación..... | 26 |
| 2.2.28 | Norma ITU-T G.984.x..... | 26 |
| 2.3 | Bases Legales..... | 27 |
| 2.3 | Definición de términos básicos..... | 30 |

III MARCO METODOLÓGICO

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Tipo de la investigación..... | 31 |
| 3.2 | Diseño de la investigación..... | 31 |
| 3.3 | Nivel de la investigación..... | 32 |
| 3.4 | Población y muestra..... | 33 |
| 3.5 | Técnica de Recolección de Datos..... | 33 |
| 3.5.1 | Observación..... | 33 |
| 3.5.2 | Encuesta..... | 34 |
| 3.6 | Instrumento de Recolección de Datos..... | 34 |
| 3.6.1 | Validación..... | 35 |
| 3.7 | Fases de la Investigación..... | 35 |

IV RESULTADOS

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Diagnóstico del estado actual de los sistemas de telecomunicaciones de servicio de TV por cable de un conjunto residencial de viviendas unifamiliares..... | 36 |
| 4.1.1 | Zona de Muestra..... | 35 |
| 4.1.2 | Caracterización de Viviendas..... | 40 |
| 4.1.3 | Recolección de Datos..... | 42 |
| 4.1.4 | Protocolo de Gestión y Control..... | 50 |

| | | |
|--|---|-----|
| 4.1.5 | Encuesta..... | 56 |
| 4.2 | Análisis de las alternativas tecnológicas de Sistemas de Televisión..... | 66 |
| 4.2.1 | Documentación recopilada | 66 |
| 4.2.2 | Recomendaciones de la ITU..... | 70 |
| 4.2.3 | Configuraciones de la arquitectura FTTx..... | 72 |
| 4.2.4 | Parámetros y variables..... | 74 |
| 4.3 | Diseño la reingeniería del sistema de Tv por cable mediante tecnología de redes GPON..... | 76 |
| 4.3.1 | Caracterización del diseño..... | 76 |
| 4.3.2 | Caracterización de servicios..... | 90 |
| 4.3.3 | Caracterización de elementos de red..... | 92 |
| 4.3.4 | Análisis y comprobación de diseño..... | 100 |
| 4.4 | Estudio de factibilidad técnica, económica, social y ambiental..... | 109 |
| 4.4.1 | Ámbito Técnico..... | 109 |
| 4.4.2 | Ámbito Económico..... | 109 |
| 4.4.3 | Ámbito Social..... | 113 |
| 4.4.4 | Ámbito Ambiental..... | 113 |
| CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES | | |
| | Conclusión..... | 115 |
| | Recomendaciones..... | 116 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | |
| | | 118 |
| ANEXOS..... | | |
| | | 121 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Pág. |
|---------------|--|-------------|
| 1 | Bandas de Frecuencias para Sistemas de Microondas..... | 13 |
| 2 | Diagrama básico de una red punto-multipunto de una red PON..... | 17 |
| 3 | Elementos de una OLT-GPON..... | 18 |
| 4 | Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G 984.x).. | 27 |
| 5 | Vista Mapa de la Urbanización la Gaviota..... | 38 |
| 6 | Vista Satelital de la Urbanización la Gaviota..... | 38 |
| 7 | Distribución de red de Servicio de Tv por cable en el Subnodo SDG04D..... | 39 |
| 8 | Vivienda Adosada de una planta..... | 40 |
| 9 | Vivienda Adosada de dos plantas..... | 40 |
| 10 | Calle A..... | 41 |
| 11 | Calle B..... | 41 |
| 12 | Calle C..... | 41 |
| 13 | Calle D..... | 41 |
| 14 | Calle Exterior 2 (Av. E-2)..... | 41 |
| 15 | Calle Exterior 3 (Calle N-2)..... | 41 |
| 16 | Planta Externa de Distribución..... | 42 |
| 17 | Vista de Muestra Poste calle A..... | 43 |
| 18 | Vista de Muestra Poste calle B..... | 43 |
| 19 | Vista de Muestra Poste calle C..... | 43 |
| 20 | Vista de Muestra Poste calle D..... | 43 |
| 21 | Vista de Muestra Poste calle exterior2 (Av. E-2)..... | 44 |
| 22 | Vista de Muestra Poste derivación principal..... | 44 |
| 23 | Plano de tramos y elementos activos existente en la Urb la Gaviota | 47 |
| 24 | | |

| | | |
|----|---|-----|
| 38 | Arquitectura IPTV..... | 73 |
| 39 | Arquitectura FTTH-GPON. Enfoque UTE..... | 73 |
| 40 | Valores de referencia de los medios físicos dependientes (ITU-T G 984.x)..... | 74 |
| 41 | Identificación de los sectores de despliegue..... | 77 |
| 42 | Topología de la red GPON propuesta..... | 78 |
| 43 | Ubicación Cabecera 10°11'11.4"N 67°57'43.5" W..... | 80 |
| 44 | Recorrido red de Alimentación Fibra Óptica en el Parque Metropolitano..... | 82 |
| 45 | Ubicación divisores ópticos de segundo nivel..... | 84 |
| 46 | Esquema de acometida para el abonado..... | 85 |
| 47 | Identificación cable fibra y divisores ópticos – Sector A..... | 87 |
| 48 | Identificación cable fibra y divisores ópticos – Sector B..... | 88 |
| 49 | Identificación cable fibra y divisores ópticos – Sector C..... | 89 |
| 50 | OLT Huawei Smart AX EA5800-X15..... | 92 |
| 51 | Gabinete y especificaciones técnicas Huawei N66E-22..... | 93 |
| 52 | Fuente de Alimentación ETP48100-B1-50A..... | 94 |
| 53 | Cable Fibra Óptica Monomodo LS Cable & System Ltd..... | 95 |
| 54 | Cable Fibra Óptica Monomodo LS Cable & System..... | 95 |
| 55 | Extensor Fibra Óptica Furukawa Electric..... | 96 |
| 56 | Divisor Óptico PLC 1X16 BLI A/B G.657A-B..... | 96 |
| 57 | Conector de Campo Fibra Monomodo SC-APC EZ d0.9..... | 97 |
| 58 | Caja Terminal Óptica FK-CTOP-16P (MB SLIM)..... | 98 |
| 59 | Caja de Empalme óptico FK-CEO-3T-36F..... | 99 |
| 60 | Roseta óptica terminal FTB-08-SCA-A-S..... | 99 |
| 61 | Terminal Óptica de Red Huawei HG8240H ONT..... | 100 |
| 62 | Diagrama unifilar de la red GPON propuesta..... | 102 |
| 63 | Grafica análisis de Ganancia respecto a los costos y recaudos..... | 112 |

ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla | | Pág. |
|--------------|--|-------------|
| 1 | Cantidad de Viviendas..... | 40 |
| 2 | Lista de Cotejo..... | 44 |
| 3 | Leyenda de la Figura 22..... | 46 |
| 4 | Índice de suscriptores del servicio de TV..... | 58 |
| 5 | Proyección de posibles nuevos clientes..... | 58 |
| 6 | Índice de afiliación a Operadores..... | 59 |
| 7 | Motivo de suscripción con el proveedor Actual..... | 60 |
| 8 | Formato de la señal de TV a los abonados..... | 61 |
| 9 | Nivel de satisfacción del Cliente..... | 62 |
| 10 | Índice de contratación de contenido Premium o contenido Interactivo..... | 62 |
| 11 | Índice de intención de cambio de proveedor por parte del abonado | 63 |
| 12 | Monetización del servicio de Telecomunicación..... | 64 |
| 13 | Índice de contratación de nuevos servicios a futuro..... | 65 |
| 14 | Velocidades de transmisión con fibra óptica de red GPON..... | 74 |
| 15 | Recomendaciones de la ITU-T G.984..... | 75 |
| 16 | Asignación hilos de fibra óptica..... | 80 |
| 17 | Coordenadas puntos de interés..... | 81 |
| 18 | Datos de la red de Distribución..... | 83 |
| 19 | Datos de acceso al abonado..... | 86 |
| 20 | Especificaciones de los Abonados por Sector..... | 86 |
| 21 | Asignación de ancho de banda por Usuario..... | 90 |
| 22 | Asignación Ancho de banda servicio IPTV..... | 91 |
| 23 | Margen de ancho de banda para servicio IPTV..... | 91 |
| 24 | Asignación de ancho de banda para futuros servicio..... | 91 |
| 25 | Normativas ITU para cable de fibra óptica Monomodo..... | 94 |
| 26 | Especificaciones de fábrica equipos OLT y ONT..... | 101 |
| 27 | Especificaciones de fábrica elementos de red..... | 101 |
| 28 | Especificaciones de fábrica de Cable de fibra en uso..... | 103 |
| 29 | Cálculo de Pérdidas F.O.- Sector A..... | 103 |
| 30 | Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector A.1..... | 104 |
| 31 | Cálculo de Pérdidas Global - Sector A.1..... | 104 |
| 32 | Comprobación margen de resguardo -Sector A.1..... | 104 |
| 33 | Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector A.2..... | 104 |
| 34 | Cálculo de Pérdidas Global - Sector A.2..... | 105 |
| 35 | Comprobación margen de resguardo - Sector A.2..... | 105 |
| 36 | Cálculo de Pérdidas F.O.- Sector B..... | 105 |
| 37 | Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector B..... | 106 |
| 38 | Cálculo de Pérdidas Global - Sector B..... | 106 |

| | | |
|----|---|-----|
| 39 | Comprobación margen de resguardo - Sector B..... | 106 |
| 40 | Cálculo de Pérdidas F.O.- Sector C..... | 107 |
| 41 | Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector C..... | 107 |
| 42 | Cálculo de Pérdidas Global - Sector C..... | 107 |
| 43 | Comprobación margen de resguardo - Sector C..... | 107 |
| 44 | Costos de los elementos de referencia en el diseño..... | 110 |
| 45 | Tiempo de utilidad de los equipos..... | 111 |
| 46 | Proyección de Ventas..... | 112 |
| 47 | Margen de Ganancia de la empresa..... | 112 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | | Pág. |
|--------------|--|-------------|
| A | Red HFC Nodo SD04 INTERCABLE, Venezuela. Escala 1:2000 | 121 |
| B | Encuesta..... | 122 |
| C | Separación entre cabecera local y nodo óptico..... | 123 |
| D | Tipos de Conectores y terminaciones de la fibra óptica..... | 124 |
| E | Manual de Instalación de Tendido de cable de fibra Óptica Gobierno Vasco, España..... | 125 |
| F | OLT Huawei EA5800-X17..... | 126 |
| G | Gabinete Huawei N66E-22..... | 127 |
| H | Fuente de Poder ETP48100-B1..... | 128 |
| I | Cable de Fibra Monomodo G.652.D LS Cable & System Ltd..... | 129 |
| J | Cable de Fibra Monomodo G.657.A LS Cable & System Ltd..... | 130 |
| K | Extensores Ópticos Conectorizada Furukawa Electronic..... | 131 |
| L | Divisor Óptico 1XN Equilibrado 1X16 BLI A/B G-657A NC/SC-APC..... | 132 |
| M | Conector de campo EZ! Connector APC 0.9mm..... | 133 |
| N | Caja de Terminación óptica CTO Pre-Conectorizada FK-CTOP... | 134 |
| O | Caja de Empalme Óptico Aérea FK-CEO-3T-36F..... | 135 |
| P | Caja Terminal Óptica MEXFOSERV FTB-08..... | 136 |
| Q | ONT Huawei HG8240H..... | 137 |



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV POR CABLE MEDIANTE
TECNOLOGÍA DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL
DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN LA GAVIOTA
DEL MUNICIPIO SAN DIEGO DEL ESTADO CARABOBO.**

Autor(es): Bueno, Eduardo y Polanco, Leanmarys

Tutor: Ing. José Centeno

Fecha: Marzo 2020

RESUMEN INFORMATIVO

La forma en que el espectador disfruta de la Television ha cambiado de manera radical, donde en principio donde se exhibe imágenes monocromáticas (blanco y negro) y ahora se presenta contenido audiovisual de alta definición de manera interactiva, donde el usuario decide cómo y cuándo disfrutar de la programación. Para que sea posible disponer de dichos servicios, fue necesario pasar de sistemas convencionales analógicos (medios conductores eléctricos) a tecnologías de nueva generación utilizando señales digitales, con alta tasa de transferencia de datos basado en protocolos TCP-IP, uso de medios de transmisión con mayor ancho de banda e alta resistencia a interferencias lleva a revisar los sistemas de distribución convencionales. En el trabajo grado, se realiza el planteamiento sobre nuevas alternativas en sistemas de distribución de tv por suscripción con Tecnología HFC, utilizando técnicas de alta gama como lo es la Redes Óptica Pasiva en Gigabits (GPON) donde aprovecha la fibra óptica como medio de transmisión. Se propone la reingeniería del sistema de Tv por cable mediante tecnología de redes GPON para un conjunto residencial de viviendas unifamiliares que partiendo de referencias de trabajos anteriores y la distribución existente se creó un diseño factible y rentable tomando en cuenta vida útil de equipos, costos de los mismos y capacidad de inversión

Descriptor(es): redes, topologías, fibra óptica, tecnología, GPON.

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación plantea un diseño de red suficiente para una localidad pequeña y cerrada, con el fin de garantizar una mejora en la calidad de un servicio de Televisión por cable; siendo el siguiente trabajo distribuido en capítulos iniciando con el Capítulo I quien está estratificado con un planteamiento de problema, partiendo de los problemas ocasionados por el cable coaxial, acentuando la interferencia y la atenuación existente en este, también se justifica la investigación de manera que se crea una serie de objetivos para lograr solventar las necesidades existentes. Por consiguiente el Capítulo II ayuda a entender, mediante las Bases Teóricas, en qué área de las Telecomunicaciones se está trabajando, continuando con las Bases Legales que proporciona estándares y normas que se deben utilizar en las investigaciones realizadas que incluye la Tecnología FTTH ya que ésta hace un espacio a la entrada de la fibra óptica como nueva implementación para la transmisión de datos; teniendo como finalidad esta tecnología llegar a la milla final o usuario final para el mayor disfrute de un ancho de banda bastante amplio, característica que tiene la fibra óptica como medio de transmisión. Para el Capítulo III se tiene la descripción del tipo, nivel y diseño de la investigación realizada incluyendo con qué población y muestra se está trabajando. El Capítulo IV define los resultados que se obtuvieron con el diagnóstico de la situación, el análisis de las alternativas y la evaluación y el diseño de la red nueva, finaliza con un estudio de factibilidad en el ámbito técnico, económico, social y ambiental.

En el desarrollo de la investigación se generaron varias conclusiones de trabajos basados en el área de comunicaciones ópticas, lo que genera los métodos para plantear la reestructuración de un diseño de coaxial a fibra óptica tomando en cuenta que la mayoría de los habitantes del sitio estudiado están suscritos a este servicio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Al comunicarnos, los elementos involucrados emisor-receptor generan y comparten información. Los sistemas de comunicaciones permiten el intercambio de datos entre dos o más usuarios mediante de una red conformada por el emisor, receptor, mensaje, protocolo y por último el medio de transmisión. Con el fin de que un enlace de comunicaciones sea considerado como un sistema altamente confiable debe responder intrínsecamente a características fundamentales tales con confiabilidad, relacionada conceptualmente con el tiempo en que él sistema se encuentre con total acceso para los usuarios con una operatividad casi ininterrumpida y la fidelidad, caracterizada como la probabilidad de ofrecer un servicio de intercambio de información completamente operativos bajo condiciones establecidas a lo largo del tiempo.

Al momento de ofrecer servicios de televisión, el medio de transmisión es un elemento del sistema de comunicaciones que condicionará la calidad y optimización del servicio. En un principio la forma tradicional de transmisión de la televisión moderna es dominada por los equipos microondas donde las señales de información son transmitidas mediante ondas de radio en las bandas VHF y UHF, siendo empleadas para difusión terrestre y para la difusión satelital. El proceso de transmisión mediante microondas involucra factores determinantes como el clima y la geografía, además de limitantes como la explotación restringida a tramos de visibilidad directa por normativas institucionales, necesidad de disponer de estaciones repetidora y la irrefragable dependencia a las condiciones atmosféricas generando desvanecimiento intenso y desviación de haz de propagación; por lo que la implementación de un medio de transmisión guiado como el cable conductor de cobre se perfila como una buena opción para eliminar los inconvenientes generado por las comunicaciones por

ondas electromagnética.

El Servicio de televisión por cable, surge como alternativa confiable en la prestación de servicio de televisión. El sistema distribución por cable se despliega con características de redes de área metropolitana (MAN), compartiendo canalizaciones del tendido eléctrico y de Telefónica pública o disponen de distribución aérea utilizando cables coaxial de banda base (Transmisión digital) o tipo banda ancha (Transmisión analógica). El cable transporta señales eléctricas de alta frecuencia y estas señales requirieren ser amplificadas utilizando amplificadores analógicos en segmentos cada vez más reducido de la línea de transmisión a medida que aumenta la frecuencia de trabajo, esto implica una dependencia directa a dispositivos activos que incrementan no solo el nivel de la señal sino también cualquier señal aleatoria indeseada generada por interferencias magnéticas, la transmisión deben ser half-duplex limitando la capacidad de respuesta del sistema. Al ser un medio activo debe ser energizado y por el conductor de cobre empleado, donde circulan señales en alta frecuencia, concierne un desgaste proporcional al tráfico de señales.

La Red de distribución de coaxial puede ser vista como una gran antena que recoge señales indeseadas (interferencias) en todo el área a la que sirve. Del 100% de estas interferencias, 70% penetra a la red en los hogares de los abonados, el 30% a través del sistema de acometida, por lo tanto las instalaciones en los edificios es uno de los puntos críticos en la construcción de la red. De hecho, el ruido emana de cada uno de los hogares de la red y, debido al efecto embudo, el ruido generado en cualquier punto podría afectar a todos los abonados.

En efecto, las observaciones previas sugieren que el servicio no puede responder de manera efectiva a las exigencias mínimas de los sistemas de telecomunicaciones de última generación, donde la disposición ancho de banda extenso y alta tasa de transferencia son demandas para la transmisión de los altos volúmenes de información habituales hoy en día.

La situación de Venezuela en materia de telecomunicaciones atraviesa un periodo de falta de implementación de nuevas tecnologías, con un inestable entorno

económico que inhibe la inversión en el área de telecomunicaciones, con una deficiencia en el servicio eléctrico que deteriora de forma progresiva la infraestructura. Dentro de las organizaciones que prestan el servicio, la fuga de personal calificado especializado juega un papel fundamental, deficiencia en sistemas de energía para emergencia completamente insuficientes, impidiendo responder a las demandas de un servicio básico.

El desenlace de esta situación genera un servicio por completo deficiente; el usuario no dispone de forma confiable del servicio, mala calidad de imagen y pérdida de paquetes especializados no logra suplir las expectativas del mercado ocasionando una pérdida progresiva de suscriptores. A nivel de empresa, no solo está comprometido la calidad del servicio sino también las estructuras internas se han visto gravemente afectadas; el equipo humano especializado se ha reducido notablemente, por tema de migración en el contexto internacional, limitando la capacidad de proveer del mantenimiento correctivo y preventivo a la infraestructura, factores como la deficiencia en equipamiento especializado, la sobrecarga de trabajo en un personal reducido, el alza de los costos de operación propias de la economía venezolana y penalizaciones por incumplimiento de servicios nacionales e obligaciones internacionales, han puesto al país en una realidad de gran desventaja con respecto a los países vecinos, generando una necesidad de buscar opciones que permitan superar de manera eficiente las barreras previamente planteadas.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar la calidad de la señal transmitida en un Sistema de Tv por cable?

¿Qué alternativa tecnológica de comunicación de Tv por cable puede ser viable utilizando la red HFC instalada actualmente?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer la reingeniería del Sistema de TV por Cable mediante Tecnología de Redes GPON para un conjunto residencial de viviendas unifamiliares en San Diego.

1.3.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar el estado actual de los sistemas de telecomunicaciones de servicio de TV por cable.

Analizar las alternativas tecnológicas de Sistemas de Televisión.

Diseñar la reingeniería del Sistema de Tv por cable mediante Tecnología de redes GPON.

Realizar un estudio de factibilidad técnico, económico, social y ambiental.

1.4. Justificación de la Investigación

Actualmente las empresas de telecomunicaciones en el mundo están interesadas en satisfacer los requerimientos y necesidades de los clientes cada vez más exigentes, para ello deben realizar inversiones para modernizar sus redes de acceso, en este caso pasando de una red de cobre a una red de fibra óptica, para dar respuesta a la demanda de mayor capacidad de ancho de banda por los usuarios. La Red GPON permite ofrecer anchos de banda capaces de ofrecer conectividad de 1Gbps, ancho de banda que permite manejar la gran cantidad de data que demanda un servicio de IPTV lo que representa una significativa mejora en el servicio de tv por cable y la posibilidad de expansión de servicios ofrecidos utilizando la infraestructura óptica desplegada.

La implementación de las redes GPON proporciona una mejora considerable en los sistemas de comunicaciones. Al ser un sistema donde la data es enviada por haces de luz constituye la alternativa más viable en industrias donde el ambiente de operaciones está bajo extremo control y no tolera inmisiones eléctricas; en el caso de servicios de Tv por cable, permite ofrecer un sistema de alta fidelidad, representando un servicio de gran definición, la mejora de interactividad en servicios y aplicaciones de las plataformas ofrecidas propiamente por los canales. Se le ofrece al usuario una experiencia mejorada a la altura de las grandes corporaciones globales y la oportunidad que representa la captación de nuevos usuarios.

Para los proveedores de servicio, representa una inversión considerable, aunque con aceptación positiva de parte de los usuarios. En corto plazo representa una mejora

exponencial en los servicios de Tv ofrecidos y una renovación a nuevas tecnologías en red de distribución. A mediano plazo permite ofrecer interactividad directa al nivel de aplicaciones ofreciendo contenido promovido por la corporación y por los canales ofrecidos. Finalmente a largo plazo, permite la posibilidad de expandir la bandeja de servicios utilizando la tecnología implementada, solo haciendo mejoras en la cabecera de la red de distribución.

La posibilidad de ofrecer telemercado interactivo es considerada, pues, la utilización de cable coaxial ha tenido resultado para la transmisión de televisión por cable durante mucho tiempo, pero los avances tecnológicos han demostrado que se puede tener una mejora en cuanto a la velocidad existente en este servicio, para esto se utiliza la fibra óptica. La fibra óptica ha logrado ser un medio para transmitir luz entre dos puntas de una fibra y tienen un amplio uso en las comunicaciones, donde permiten la transmisión en distancias y en un ancho de banda (velocidad de datos) más grandes que los cables eléctricos.

Para mejorar los problemas y pérdidas que se encuentran al utilizar el cable coaxial se utilizará una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica para llegar hasta el suscriptor, la red GPON. El alcance de un equipo viene dado por la atenuación máxima que es capaz de soportar sin perder el servicio. Para mantener una empresa como pionera que presta el servicio de televisión por cable se necesita tener las mejores prestaciones para sus suscriptores, la implementación de la arquitectura FTTH (Fiber To The home) lograría una conexión directamente desde la central a un punto en específico, en este caso, a la casa del suscriptor.

1.5. Alcance

Los alcances estipulados son:

Implementación de la arquitectura FTTH para la red GPON en condiciones reales.

Mejora de la infraestructura de red existente de los proveedores de servicios de tv por cable.

Dirigido a un sector urbanizado de aproximadamente 138 viviendas

unifamiliares.

1.6. Limitaciones

Entre las limitaciones encontramos:

Reestructuración del tramo final del sistema de distribución, conexión al usuario.

Regimiento del estándar nacional COVENIN-200 (Sección-770) para canalización de fibra óptica.

Comprende solo el diseño de la propuesta de la red GPON para la urbanización en estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Moreno Karla (2012) en su tesis de grado titulada **Validación de Normas y Procedimientos de Construcción para la Incorporación en Despliegues de FTTH**, realizada en la Universidad Católica Andrés Bello en Caracas, Escuela de Telecomunicaciones perteneciente a la Facultad de Ingeniería, para optar al título de Ing. en Telecomunicaciones, propone la recomendación de normas y procedimientos para la instalación de cableado estructurado de fibra óptica para la empresa de comunicaciones estatal CANTV mediante el diseño de una red para un determinado sector de la parroquia Libertador en la Ciudad de Caracas-Venezuela. El autor se propone como objetivo Validar las normas y procedimientos de construcción para la aplicación de despliegues reales de FTTH de CANTV.

En el trabajo Investigativo inició con una exhaustiva documentación referida a las redes ópticas pasivas, su diseño estructural y e implementación de recursos tecnológicos teniendo en cuenta los requerimientos por parte de CANTV, así como la documentación técnica por parte de los proveedores de tecnología que permitieron establecer parámetros de interés para el despliegue final en el campo. Debidamente, en su fase de diseño se realizó el diagnóstico de la estructura física desplegada por CANTV en conjunto con base de datos del registro de planta externa, se determinó el área de instalación (Sectorial) así como la cuantificación y tipificación de los clientes para poder establecer las rutas optimas de distribución al abonado. En la fase final, fue puesto a prueba el diseño propuesto mediante entornos de simulación en donde se verifico el cumplimiento del presupuesto óptico y criterios de seguridad, dando resultado propuestas de normativa enfocada a los despliegues de fibra ópticas donde convergieron dos factores fundamentales; la funcionabilidad y aplicabilidad para la empresa CANTV de Venezuela y las recomendaciones dictadas por compañías e

instituciones tecnológicas especializadas en la rama de telecomunicaciones con fuerte en medios de comunicación ópticos.

Finalmente, el autor concluye resaltando la importancia del desarrollo del diseño previo de la red con el fin de poder validar la completa operatividad del sistema tanto en infraestructura física como materia de protocolos implementados, cuyo éxito involucra el despliegue completamente estandarizado y esquematizado. De igual manera, exhorta a la empresa estatal CANTV que continúe las líneas de investigación y desarrollo aplicado en tecnologías en redes ópticas para establecer una manual de normativas general donde estén reflejadas y sean extendidas las recomendaciones generadas por el autor, así como practicas especializados que estén enteramente adaptada a la infraestructura actual de las telecomunicaciones en el país. La investigación expuesta es tomada como base fundamental para el desarrollo del presente trabajo investigativo, considerando tanto su factibilidad operativa como el desarrollo en las condiciones reales del proveedor de servicios en Venezuela.

Por otro lado, Vázquez Álvaro y Elaje Pedro (2018) en su investigación titulada **Estudio para Brindar el Servicio de IPTV sobre una red FTTH a la ciudad de Azogues**, presentada ante la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca ubicada en la ciudad de Cuenca en Ecuador, en la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería para optar por el título de Ingeniero Electrónico, realiza el planteamiento de ofrecer servicios de IPTV, en base al diagnóstico y acondicionamiento de la infraestructura de la red de fibra desplegada donde solo se ofrece servicios de acceso a Internet, teniendo como objetivo la incorporación del servicio de IPTV para la red FTTH diseñada para la Ciudad de Azogues.

Los autores realizan el diagnóstico de la red de fibra óptica desplegada en la ciudad de Azogues para el año 2013, la clasificación en la de demanda de los abonados así como la tecnología de acceso a la red. Posterior, procede con un estudio de mercado donde censa y analiza las demandas del usuario de la misma manera la cuantificación de su experiencia, un estudio técnico donde delimita la capacidad operativa de la red, proveedores tecnológicos y especialización técnica del personal a

cargo del sistema, y finalmente un estudio financiero determinando su factibilidad económica así como su proyecciones del retorno de la inversión, adecuándolo al mercado actual de Ecuador.

En las conclusiones del estudio se resalta el potencial en la red de fibra óptica para prestar tanto servicios de internet como servicios de IPTV, representando un salto en la calidad de servicio en contraste a la suministrada por medios convencionales, las ventajas de ancho de banda y tasa de velocidad ofrecida por el sistema generan un ambiente apto para ofrecer múltiples servicios, permitiendo disponer de IPTV con interactividad, paquetes Triple Play y PPV. La actualización tecnológica requerida en la cabecera del sistema recae en adquisición de mezcladores de señales y la adquisición de concesiones para el acceso a una parrilla de canales estándar. Finalmente, se cuantifico la aceptación del nuevo sistema de servicio de Tv por parte de los usuarios, comprometido en satisfacer la necesidad de más paquetes interactivos, una proyección favorable de rentabilidad y de incorporación de nuevos usuarios y rentabilidad del proyecto, en base a la tarifación del servicio de aproximadamente 20\$-30\$.

De manera global el estudio de Vázquez y Elaje comparte similitudes con la investigación propuesta, presenta un precedente de una red de fibra ya implementada en una área metropolitana con aproximadamente 2800 usuarios, en donde realizan la adaptación de la red existente para incorporar servicios de IPTV el cual concede de instrumentos para el diseño, despliegue e integración de servicios útiles la aplicación en Venezuela. Por último, presenta parámetros decisivos para un estudio de factibilidad económica valido con proyecciones de inversión, retorno y ampliación del servicio, con resultados positivos a largo plazo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Televisión Analógica y Digital

La televisión analógica es la tecnología de televisión original que utiliza señales analógicas para transmitir video y audio. En una transmisión de televisión analógica, el brillo, los colores y el sonido están representados por variaciones rápidas de la

amplitud, frecuencia o fase de la señal. Las señales analógicas varían en un rango continuo de valores posibles, lo que significa que el receptor emite interferencias y ruidos electrónicos. Los primeros sistemas de televisión comerciales fueron en blanco y negro; El comienzo de la televisión en color fue en la década de 1950; así que un sistema de televisión práctico necesita tomar señales de luminancia, crominancia (En sistema Tv a color), sincronización (horizontal y vertical) y audio, para luego transmitir las a través de una transmisión de radio.

Por su parte, La televisión digital se refiere al conjunto de tecnologías de transmisión y recepción de imagen y sonido, a través de señales digitales. En contraste con la televisión tradicional, que codifica los datos de manera analógica, la televisión digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando así la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, abriendo la posibilidad de crear aplicaciones interactivas, y la capacidad de transmitir varias señales en un mismo canal asignado, gracias a la diversidad de formatos existentes.

La Transmisión de TDT está regida por dos grandes grupos de estandarización para la transmisión de televisión digital, el primer de ellos (europeo) es denominado Digital Video Broadcasting (DVB) y otro estadounidense llamado Advanced Television Systems Committee (ATSC). Estos estándares vienen a sustituir a las normas de televisión analógica Phase Alternating Line (PAL) y National Television Standards Committee (NTSC), respectivamente.

2.2.2. Sistemas de distribución de TV

La televisión analógica puede ser inalámbrica (televisión terrestre y televisión satelital) o puede distribuirse a través de una red de cable utilizando convertidores de cable (televisión por cable).

2.2.2.1. Televisión Digital Terrestre TDA

En el caso de la Televisión Digital Terrestre, la transmisión se realiza utilizando ondas electromagnética transmitiéndose por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas UHF convencionales (Microondas). Posee

un esquema de transmisión digital basándose en el estándar de flujo de transporte MPEG, con codificación de video MPEG-2 y H264

Las ventajas de la Televisión Digital Terrestre son similares a otros medios de transmisión digital respecto a los analógicos; Uso más eficiente del espectro radioeléctrico al transmitir mediante Multiplexación más de una señal televisiva con capacidad de transmisión de audio y video de mejor calidad y costos menores de transmisión, después de los costos de actualización. El espacio antes empleado por una sola señal de televisión pasa a llamarse canal múltiple digital o múltiplex y gracias a relación de compresión empleada se puede dedicar el espectro sobrante para otros servicios.

Pese a las ventajas de la transmisión digital terrestre de televisión, la señal digital no es más resistente a posibles interferencias que la analógica, debido a su naturaleza de señal electromagnética. La diferencia radica en la manera de codificar la información siguiendo algoritmos lógicos que permiten posteriormente identificar y corregir errores.

2.2.2.2. Televisión Digital Satelital

En la Televisión Digital vía Satélite se transmite la señal a una amplia zona geográfica por medio de satélites de comunicaciones logrando hacer posible la difusión de señal televisiva a grandes extensiones de terreno, independientemente de sus condiciones orográficas. En la transmisión de televisión por satélite se distinguen dos tramos: el enlace ascendente, y el enlace descendente; así que para evitar interferencias entre ambos enlaces, cada uno de ellos utiliza una banda de frecuencias diferente.

La banda total de RF asignada a la radiodifusión directa de televisión por satélite es de 800 MHz, aproximadamente va desde los 11,7 a los 12,5 GHz (banda Ku). Un receptor universal que pudiera recibir la señal procedente desde cualquier país debe ser capaz de recibir toda la banda. Los satélites utilizados para señales de televisión se encuentran situados en órbita geoestacionaria, a 35 786 km sobre el

Ecuador terrestre, lo cual permite utilizar dispositivos emisores o receptores sin tener que cambiarlo de posición a medida que el satélite se va moviendo.

| Tipos de Banda | Rango de Frecuencias |
|----------------|---|
| HF | 1.8-30 MHz |
| VHF | 50-146 MHz |
| P | 0.230-1.000 GHz |
| DHF | 0.430-1.300 GHz |
| L | 1.530-2.700 GHz |
| S | 2.700-3.500 GHz |
| C | Downlink: 3.700-4.200 GHz Uplink: 5.925-6.425 GHz |
| X | Downlink: 7.250-7.745 GHz Uplink: 7.900-8.395 GHz |
| Ku (Europa) | Downlink: FSS: 10.700-11.700 GHz DBS: 11.700-12.500 GHz Telecom: 12.500-12.750 GHz Uplink: FSS y Telecom: 14.000-14.800 GHz; DBS: 17.300-18.100 GHz |
| Ku (America) | Downlink: FSS: 11.700-12.200 GHz DBS: 12.200-12.700 GHz Uplink: FSS: 14.000-14.500 GHz DBS: 17.300-17.800 GHz |
| Ka | Entre 18 y 31 GHz |

Figura 1. Bandas de Frecuencias para Sistemas de Microondas.

Fuente: <http://malocoblog.blogspot.com/2012/07/funcionamiento-basico-de-un-sistema-de.html>

2.2.2.3. Televisión por cable

La televisión por cable consiste en un servicio de TV en el cual la señal de radiofrecuencia llega al abonado, a diferencia de los servicios satelitales o TDT, se realiza mediante un medio guiado. Las redes de acceso de las empresas prestadoras del servicio de televisión por cable, tienen fundamentalmente las características de las redes de banda ancha constituidas sobre arquitecturas de cables de fibras ópticas o híbridas de fibra-coaxial (HFC).

La principal función de estas redes es prestar servicio analógico al cliente, aunque están preparadas o se están preparando, para ofrecer transmisión digital bidireccional, con banda ancha asimétrica en ambos sentidos. En ese caso, están constituidas por canales descendentes (de cabecera al usuario) y ascendentes (del usuario a cabecera). De esta forma podremos obtener el monitoreo de los servicios, para brindar telefonía, datos y servicios interactivos.

2.2.3. Community Antenna Television (CATV)

CATV ofrece el servicio de difusión masiva (broadcasting) de canales compartidos, es decir sus usuarios reciben la misma programación. Con las nuevas

tecnologías la transmisión podrá ofrecerse en forma multicasting. De esta manera favorece la prestación nuevos servicios como video sobre demanda (VoD), pago por vista (PPV), juegos interactivos, Internet, telebanking, telecompras, etc.

2.2.4. Triple Play

Los servicios de voz, datos, video, también conocidos como triple-play, son más una nomenclatura orientada al modelo de negocios, realmente la finalidad es ofrecer estos servicios en la misma infraestructura, basada en IP para brindar los mismos. Los servicios de video y datos son servicios considerados de banda ancha y el servicio de telefonía de banda angosta. Triple-Play toma la definición de servicio combinado, donde no se pretende definir nuevos estándares o protocolos tecnológicos, se refiere a una red IP concentrada para entregar los servicios mencionados.

2.2.5. Fibra Óptica

Se utiliza más comúnmente como un medio para transmitir luz entre dos puntas de una fibra y tienen un amplio uso en las comunicaciones por fibra óptica, donde permiten la transmisión en distancias y en un ancho de banda (velocidad de datos) más grandes que los cables eléctricos, además, las señales viajan a través de ellas con menos pérdidas y son inmunes a la interferencia electromagnética.

Típicamente, las fibras ópticas tienen un núcleo rodeado de un material de revestimiento transparente con un índice de refracción más bajo. La luz se mantiene en el núcleo debido al fenómeno de reflexión interna total que causa que la fibra actúe como una guía de ondas. Las fibras que permiten muchos caminos de propagación o modos transversales se llaman fibras multimodo (MM), mientras que aquellas que permiten solo un modo se llaman fibras monomodo (SM). Las fibras multimodo tienen generalmente un diámetro de núcleo más grande y se usan para enlaces de comunicación de distancia corta y para aplicaciones donde se requiere transmitir alta potencia. Las fibras multimodo, al contrario de las multimodo, se utilizan para transmitir a distancias largas, su aplicación a pesar de tener un núcleo más pequeño es la más considerada para las conexiones de grandes distancias

2.2.6. Wavelength Division Multiplexing (WDM)

Es una tecnología que acopla varias longitudes de ondas en la misma fibra incrementando así el ancho de banda agregado por fibra a la suma de lo “Bit rate” de cada longitud de onda. A medida que esta tecnología evoluciona, los estándares existentes son actualizados o se introducen unos nuevos. Dense WDM (DWDM) es una tecnología con mayor número de longitudes de onda, encuentra su aplicación en troncales de larga distancia y ultra-alto ancho de banda.

2.2.7. Sistema de comunicación óptico

Tiene básicamente tres componentes: la fuente de luz, el medio de transmisión y el detector. La fuente de luz se encarga de transformar las señales eléctricas en energía óptica o luminosa, y por ello es considerado como un componente activo. Cuando la señal luminosa es transmitida por la fibra, en el otro extremo del sistema se encuentra el detector óptico, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía eléctrica, similar a la señal original.

2.2.8. Red de Fibra Óptica

Una red de fibra óptica consiste de un transmisor que codifica el mensaje dentro de una señal óptica, un canal, que transporta la señal a su destino, y un receptor, que reproduce el mensaje desde la señal óptica recibida. Los sistemas de fibra óptica permiten que la señal pueda recorrer una gran distancia antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. Los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 Km., frente a aproximadamente 2 Km. en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica pueden aumentar todavía más esta distancia.

2.2.9. Redes Ópticas Pasivas

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

2.2.10. Elementos de una red PON

2.2.10.1. Optical Line Termination (OLT)

El Terminal de Línea Óptica, conocido como el Equipo Central Óptico, es el elemento activo situado en sitio central de equipamiento. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios)

Este equipo agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.

2.2.10.2. Optical Network Termination (ONT)

El Terminal de Red Óptica, también conocido como Modem Óptico, es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. Estos interfaces han evolucionado del fast Ethernet al gigabit Ethernet a la par que las velocidades ofrecidas a los usuarios.

2.2.10.3. Multi Dwelling Unit (MDU)

Es la Unidad Remota de Multiviviendas que permite ofrecer servicio a múltiples usuarios, frente a las ONTs que dan servicio a un único cliente. Existen varios modelos de MDU entre los que destacan estos dos:

MDU xDSL: Termina la fibra óptica que llega de la central telefónica. Utiliza tecnología xDSL para ofrecer servicios a los usuarios. Van integrados dentro de un armario, que se ubica en una zona común del edificio, con fácil acceso a los pares de cobre que llegan a los pisos. La ventaja fundamental que ofrecen respecto a las ONTs es que permiten aprovechar las redes verticales de cobre que existen en los edificios. La desventaja es que tienen todas las limitaciones de las tecnologías xDSL.

MDU con interfaces fast o Giga Ethernet: Están equipadas con una gran cantidad de interfaces Ethernet y permiten dar servicio a un edificio que esté cableado con cable UTP o a una empresa.(ver figura 1)

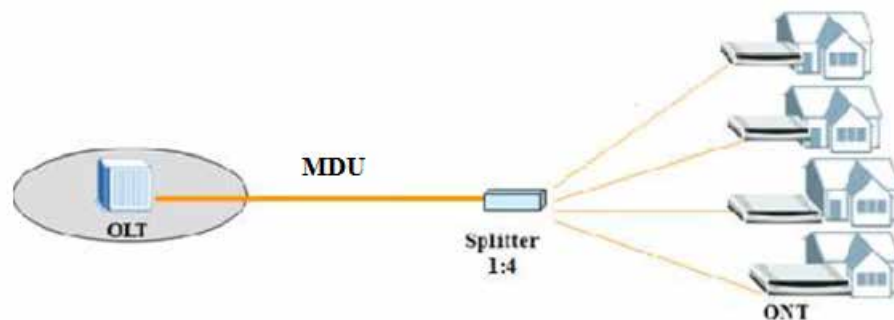


Figura 2. Diagrama básico de una red punto-multipunto de una red PON.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/iTfVWzN9vJx911xJ7>

2.2.11. ATM PON (APON)

Con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas, Redes de Ópticas Pasivas ATM (APON) basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas de Modo de transferencia asíncrona (ATM) con una tasa máxima de 155 Mbit//s que se reparte entre el número de Unidades Remotas de Multiviviendas que estén conectadas. En canal descendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento.

2.2.12. Broadband PON (BPON)

La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha por sus siglas en inglés, se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbit/s fijos tanto en canal ascendente como descendente.

2.2.13. Gigabit-capable PON (GPON):

La Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica para llegar hasta el suscriptor. Sus estándares técnicos fueron aprobados en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984, trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbit/s.

Se compone de igual manera de conformado por

ONT: Es el responsable de recibir y filtrar la información procedente del OLT

MDU: Responsable de terminar la fibra que llega a los ONTs

OLT: De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios El OLT no es un hardware único, sino que se subdivide en tres módulos o equipos diferentes, cada uno de ellos encargados de gestionar un tráfico determinado:

OLT Proveedor (P-OLT). Concentra la información, y la divide en función de su naturaleza (voz-datos), también se encarga de multiplexar el canal descendente (en dirección a los ONT), para ello, utiliza una longitud de onda dedicada.

OLT de Video (V-OLT). Este equipo se encarga únicamente de transportar las tramas de video y video bajo demanda VoD procedentes de la red de videodifusión, hasta los ONT de los usuarios.

OLT Multiplexador (M-OLT). Es un equipo multiplexor WDM que permite la multiplexación y demultiplexación entre las señales procedentes del P-OLT y V-OLT.

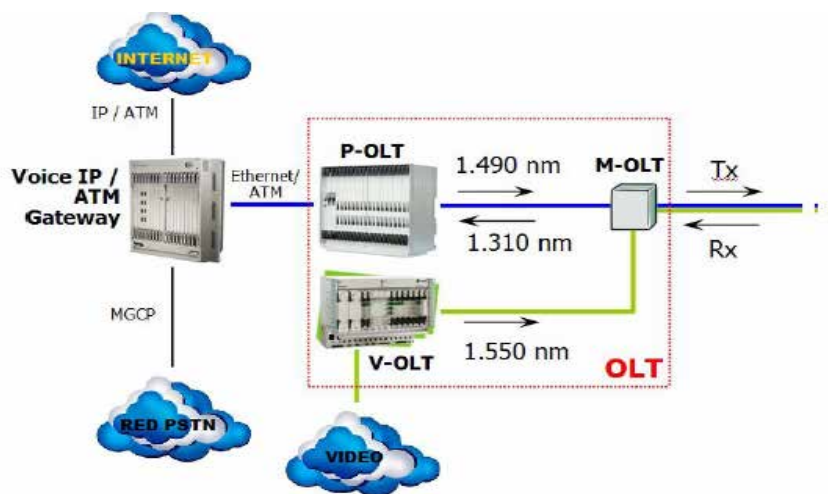


Figura 3. Elementos de una OLT-GPON

Fuente: Osorio (2004)

2.2.14. Ethernet PON (EPON)

La arquitectura de una red Ethernet en la primera milla o EPON, se basa en el transporte de tráfico Ethernet. Las ventajas que presenta son:

Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).

La interconexión de islas EPON es más simple.

La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH, sino que se transmiten tramas Ethernet puras.

2.2.15. Tecnología Fiber To The x (FTTx)

La tecnología de telecomunicaciones FTTx es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso. El acrónimo FTTx se origina como generalización de las distintas configuraciones desplegadas diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la fibra ya sea nodo, acera, edificio y hogar. En las configuraciones de esta tecnología tenemos:

Fiber-To-The-Home (FTTH): En FTTH o fibra hasta el hogar, la fibra óptica llega hasta el interior de la misma casa del abonado.

Fiber-To-The-Office (FTTO): En FTTO o fibra hasta la oficina, la fibra óptica llega hasta el interior de la misma oficina del abonado. Es básicamente igual a FTTH pero con configuraciones específicas para empresas (sin plataforma integrada de TV, pero con plataformas de Videoconferencia, VozIP, etc.).

Fiber-To-The-Building o Fiber-To-The-Basement (FTTB): En FTTB o fibra hasta la acometida del edificio, la fibra óptica normalmente termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología Very high bit-rate Digital Subscriber Line 2 (VDSL2) sobre par de cobre o Gigabit Ethernet sobre par trenzado Categoría 6 (CAT6). De este modo, el tendido de fibra

puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del edificio del abonado.

Fiber-To-The-Premises (FTTP): Este término se puede emplear de dos formas: como término genérico para designar las arquitecturas FTTH y FTTB, o cuando la red de fibra óptica incluye tanto viviendas como pequeños negocios.

Fiber-To-The-Node (FTTN): En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio, por lo que en alguna bibliografía se asigna a la N la palabra neighborhood (vecindario).

Fiber-To-The-Cabinet o Fiber-To-The-Curb (FTTC): Similar a FTTN, pero la cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario, normalmente a menos de 300 metros.

Fiber-To-The-Antenna (FTTA): Fibra hasta la antena es una nueva generación de conexión de alto rendimiento de la estación hasta la antena, sobre los nuevos estándares de interfaz de radio como Common Public Radio Interface (CPRI) o Open Base Station Architecture Initiative (OBSAI) por la demanda de Radio Access Network (RAN) de redes móviles LTE.

2.2.16. Arquitectura FTTH

La tecnología de telecomunicaciones FTTH, enmarcada dentro de las tecnologías FTTx, se basa en utilizar cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para distribuir servicios avanzados, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.

2.2.17. Especificaciones de diseño para una red FTTH

2.2.17.1. Residencial - Viviendas -Unifamiliares

Estas casas pueden formar una manzana o incluso, en núcleos urbanos, estar intercaladas entre bloques de edificios. Como la conexión sería única, solo se

realizaría instalación en el domicilio en el caso de que el cliente contratara los servicios ofrecidos por la red diseñada. Por ello, se utilizarán también elementos de distribución con cubierta protectora de exterior, al igual que en los bloques con cableado exterior. Los nodos de acceso que dan servicio a las áreas con viviendas unifamiliares, suelen ubicarse en lugares apropiados para ello, que resulta ser el punto más cercano a todos ellos. En estos casos se debe establecer un enlace de conexión punto a punto con un par de fibra entre cada vivienda y el nodo de acceso.

2.2.17.2. Edificios – Viviendas Multifamiliares

Las áreas con bloques de viviendas multifamiliares consisten generalmente en diversos propietarios (que serán abonados finales) distribuidos en varias plantas por bloque. Estas propiedades se encuentran agrupadas dentro de un área limitada y pueden ser viviendas de nueva construcción con canalizaciones internas o viviendas de antigua construcción con cableado por fachada. En caso de fibra hasta el hogar, se instalará un divisor en una caja de empalmes perteneciente a la red de alimentación para desplegar una única fibra a cada edificio, introduciéndola por la arqueta de entrada o por la misma pared de la estructura, en caso de una instalación de fachada.

Las fibras que discurren por el interior de los edificios, se pueden instalar en cables tanto juntos como separados. Estas fibras discurren desde cada vivienda hasta la caja de empalme o concentrador del Recinto de Instalación de Telecomunicaciones Interior (RITI) a través de la canalización Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT). Este tipo de canalización se divide en dos:

Canalización principal: Es la canalización vertical del edificio, y se define como la troncal de distribución. Nace en el RITI y sube hasta la planta más alta del edificio. A lo largo de esta canalización, se suelen instalar registros por planta para la segregación de las fibras que irán a cada vivienda.

Canalización secundaria: Es la canalización horizontal de cada planta del edificio. Nace en los registros de planta de la canalización horizontal y llegan hasta los registros de abonado, situados en la vivienda. Finalmente, las redes FTTH terminan con una fibra en punta por cada vivienda, generalmente

alojada en el registro de abonado o de usuario. La llegada de fibras en áreas con pisos o comunidades de vecinos alcanza normalmente al 100% de las viviendas, aunque no demanden servicios a corto o medio plazo. Esta es una estrategia muy eficiente, particularmente.

2.2.17.3. Rural

En el caso de áreas que cuenten con escasa población, tales como los medios rurales, los despliegues de fibra tan sólo se deben realizar cuando las redes de conexión municipal o regional han sido construidas. Para que este despliegue sea económicamente viable, se deben planificar distintos puntos de conexión para los conductos y cables desde el inicio de la red, sin necesidad de instalar un cable por vivienda hasta el nodo de acceso. La conexión de cada propiedad en este tipo de áreas se debe ajustar a las siguientes premisas:

La geografía: El nodo de acceso se debe implantar en un pueblo o similar a través del cual pase la red de conexión municipal o regional sobre la que se sustenta el servicio.

La distancia al nodo de acceso: En este tipo de áreas se deben de utilizar siempre fibras monomodo, que son las que soportan distancias superiores a 1 km con un mínimo de calidad.

2.2.18. Splitters Ópticos

Divide la potencia de la señal. Es decir, cada enlace de fibra que entra al splitter puede dividirse en un número dado de fibras a su salida. Normalmente, tres o más niveles de fibras corresponden a dos o más niveles de splitters, permitiendo así que muchos usuarios compartan cada fibra. El splitter óptico pasivo tiene un amplio rango de longitud de onda de operación, baja pérdida y uniformidad de inserción, dimensiones mínimas, alta fiabilidad y una política de protección y supervivencia de red compatible.

2.2.19. Conectores

El conector óptico es un dispositivo que une dos fibras ópticas, de manera repetible con bajas pérdidas ópticas de conexión. Generalmente las pérdidas que se

originan en las conexiones se deben a los desplazamientos laterales de los ejes de las fibras. Los conectores se utilizan generalmente para la terminación de fibras ópticas, ya sea para conectorización a otras fibras o a paneles de distribución de señal, en los que es necesariamente imprescindible este tipo de elementos. Para poder realizar un enfrentamiento entre dos conectores de fibra óptica, bien tipo fibra a fibra, o fibra a panel, es necesario la utilización de un elemento denominado adaptador que permite un correcto posicionamiento enfrentado de dos fibras, ya sean idénticas y diferentes.

2.2.20. Caja de empalmes

Los empalmes crean una unión permanente entre dos fibras. Las cajas de empalme proporcionan un medio de protección del entorno tanto al cable de fibra como a los empalmes. Los empalmes exteriores se protegen dentro de una caja de empalme, la cual posee en un extremo unos tubos a través de los cuales se inserta el cable de fibra óptica. Las cajas de tipo exterior deben estar fabricadas a prueba de intemperie y con un sellado impermeable.

2.2.21. Hybrid Fiber Coaxial (HFC)

Es un término que define el uso de una red híbrida que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha, es decir híbrido entre fibra óptica y cable coaxial. Esta tecnología permite el acceso a internet de banda ancha utilizando las redes CATV existentes. Son comunes las ofertas convergentes de televisión, datos y telefonía por precios muy convenientes. Presenta dificultades físicas en el canal de subida debido al escaso ancho de banda reservado para ese uso, y que es compartido por todos los clientes conectados al mismo nodo de cable coaxial. Por ello es necesario llegar con fibra óptica hasta nodos próximos a los clientes.

2.2.22. Internet Protocol Television (IPTV)

La tecnología IPTV, Televisión sobre el Protocolo de Internet, ha evolucionado mucho en los últimos años tanto para los operadores fijos como para los móviles. Básicamente esta tecnología dispone de servidor de gestión y de dos tipos de servidores de contenidos: para el video streaming de contenidos difundidos en directo

y para el video bajo demanda o VoD. En cuanto a los anchos de banda, estos son variables según el tipo de contenido, siendo necesarios mayores anchos de banda para deportes o películas de acción con muchos cambios de imagen.

2.2.23. Power Line Communications (PLC)

La Comunicación Sobre Líneas de Potencias, son comunicaciones mediante cable eléctrico y que se refiere a diferentes tecnologías que utilizan las líneas de energía eléctrica convencionales para transmitir señales de radio para propósitos de comunicación. La tecnología PLC aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a Internet mediante banda ancha.

2.2.24. Canalizaciones para Fibra Ópticas

En varios sectores dentro del área de estudio, ha sido necesario un levantamiento de pozos de revisión y ductería o canalización para el diseño de la red primaria. Cada uno de los pozos de revisión tiene información de su ubicación y de las condiciones en las que se encontraba en aquel entonces, además, del estado ocupacional de sus ductos. Hay que tomar en cuenta la existencia de una red troncal ya que es la red principal del servicio que aglutina la mayor densidad de cables de transmisión y la extracción de un “manejo” de cables de la red troncal para hacer llegar el servicio a puntos concretos, es decir, la derivación.

2.2.25. Técnicas de despliegue del cableado de Fibra Óptica

2.2.25.1. Tendido aéreo

En ciertas instalaciones es preferible optar por este tendido, través de fachadas o postes, en lugar del cable enterrado. Este tipo de despliegues son más económicos que los conductos subterráneos, además son capaces de salvar obstáculos, lo que los dota de flexibilidad y una facilidad a la hora de la instalación. Por el contrario, el tendido de cable provoca un mayor impacto visual en el entorno que le rodea, más aún si este pasa por un área de tránsito. Además, al estar a la vista, es vulnerable ante sabotajes e inclemencias entorno que pueden afectar a la integridad de la instalación. Desplegar una red de fibra, mediante un tendido aéreo es la principal opción en caso

de que un acceso subterráneo sea descartado, bien porque el edificio no posea canalizaciones o arquetas de entrada de este tipo, bien porque los conductos enterrados se topen con algún obstáculo que provoque que el coste para sortearlo sea mayor que el de instalar un acceso a la superficie. Además, en las redes de larga distancia no suelen existir conductos preparados para instalaciones de telecomunicaciones, por lo que el cable aéreo suele resultar la opción más rentable.

2.2.25.2. Tendido subterráneo

Es uno de los métodos más óptimos para desplegar una red de fibra. Este tipo de instalación posee grandes ventajas, como una alta fiabilidad y protección del cable, además de un menor impacto visual. Sin embargo, con frecuencia es necesaria la excavación de canales o zanjas, lo que eleva considerablemente los costes de instalación, hasta lo suficiente como para decantarse en muchos casos por otra técnica más asequible. En su recorrido por el subsuelo, la fibra confina todo el cableado central de las fincas que le rodean en el menor número de zanjas posibles, para disminuir el coste del despliegue. Esto hace que la técnica sea apropiada para una alta densidad de usuarios y se planifique para el mayor número de años posible.

Entre las técnicas para de instalación de cables por conductos están:

Instalación tradicional con guías pasa-cables.

Soplado con aire comprimido o con agua.

2.2.26. Dispersión

Es el fenómeno que ocurre cuando la señal que viaja en el espacio golpea una superficie rugosa o áspera ocasionando que la señal se disperse hacia varias direcciones. Para considerar que la superficie sea rugosa la diferencia de altura entre su mínima y máxima protuberancia es menor a su altura crítica () obtenida del criterio de Rayleigh mostrada en la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Protuberancia de la superficie según criterio de Rayleigh

Donde λ representa la longitud de onda de la señal expresada en metros, mientras que θ es el ángulo con el que la señal se impacta con el obstáculo.

Dispersión es la transmisión de la señal en el tiempo. Los siguientes dos tipos de dispersión pueden afectar una conexión de datos óptica:

Dispersión cromática: la transmisión de la señal en el tiempo resulta de diferentes velocidades de rayos de luz.

Dispersión modal: la transmisión de la señal en el tiempo resulta de diferentes modos de propagación en la fibra.

Para la transmisión de modo múltiple, la dispersión modal, suele limitar la velocidad de bits y longitud de conexión máxima. Para la transmisión en modo único, la dispersión modal no es un factor. Sin embargo, a velocidades de bits mayores y a través de distancias más largas, la dispersión cromática, más que la dispersión modal, es la que limita la longitud de conexión máxima. Una conexión de datos óptica eficiente debe tener suficiente luz para superar la potencia mínima que el receptor requiere para funcionar dentro de sus especificaciones

2.2.27. Atenuación

Es la reducción de potencia de la señal de luz a medida que se transmite. La atenuación de señal es ocasionada por los componentes de medios pasivos, tales como cables, empalmes de cables y conectores. A pesar de que la atenuación de señal es significativamente menor para la fibra óptica que para otros medios, todavía ocurre tanto en transmisiones de modo múltiple como de modo único. Una conexión de datos óptica eficiente debe tener suficiente luz disponible para superar la atenuación de señal.

2.2.28. Norma ITU-T G.984.x

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 figura 4 detalla los parámetros más importantes para certificar una red FTTH GPON.

| Norma ITU-T G 984.x | | | | |
|--------------------------------|--|---|---|--------------------|
| ITU-T | Características generales. | Arquitectura del sistema OAM. | | Tipos de servicio. |
| G.984.1 (ITU-T, 2011) | | Tipos de interfaz: servicio, usuario. | Tasa física de transmisión y recepción. | |
| | | Alcance lógico. | Rendimiento del sistema. | |
| ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2012) | Medios físicos dependientes. | Parámetros Class B+ | ONT | OLT |
| | | Potencia óptica máxima | + 5 dBm | + 5 dBm |
| | | Potencia óptica mínima | +0,5 dBm | +1,5 dBm |
| | | Sensibilidad mínima | -27 dBm | -28 dBm |
| ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014) | Convergencia de transmisión | Potencia óptica mínima de sobrecarga | - 8 dBm | - 8 dBm |
| | | Sub capas GPON TC Rango | Formato de trama Seguridad Ancho de Banda Dinámico. | |
| ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2011) | Gestión ONT, especificación de la interfaz de control. | Operaciones, administración y mantenimiento. | | |
| ITU-T G.984.5 (ITU-T, 2014) | Mejoramiento de banda. | Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores. | | |
| ITU-T G.984.6 (ITU-T, 2012) | Mayor alcance. | 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. | | |
| | | Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance. | | |

Figura 4. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G 984.x).

Fuente: www.itu.com

2.3. Bases Legales

La estandarización desarrollada bajo la tutela de Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) ahora llamado El Fondo para la Normalización y Certificación de la calidad (FONDONORMA), publica en 1968 la normativa Código Eléctrico Nacional (CEN), en su 7ma edición realizada en el 2004 se encuentra la normativa actual para el despliegue y canalización de del medio de comunicación guiado Fibra Óptica. Allí establece las provisiones aplicables a las instalaciones de cables de fibra óptica y a las canalizaciones, sin incluir aspectos constructivos de los cables de fibra óptica ni de las canalizaciones.

En esta sección dedicada a la fibra Óptica, en tres secciones prácticas; Donde en la primera sección encontramos disposiciones generales como, normas para conductos, cámaras de aire, capacidad de resistencia en propagación de fuego o productos de combustión, canalización y clasificación del cableado de fibra como conductivos, no conductos y mixtos. Debidamente continúa en la segunda sección con el sistema de protección y puesta a tierra recomendados para tendidos de fibra

óptica. En la última sección, se refiere a la canalización y cableado dentro de edificaciones en conjunto con parámetros de aprobación, identificación e instalación del cableado. Además de mostrar especificaciones de canalización para cámara de aire, ascendente y de uso general para edificios, establece las consideraciones para instalación de fibra óptica en conjunto con conductores eléctricos.

La relación existente con el trabajo de grado es directa, en el de despliegan las normativas de instalación y canalización por la cual debe estar regida los proyectos en el país. Consideraciones que deben ser tomadas en cuenta con rigurosidad, para así poder asegurar la factibilidad de operación e infraestructura y que cuente con la aprobación de los entes competentes.

Por otro lado, la Unión Internacional para las Telecomunicaciones ITU (2003-Presente) realiza publicaciones en Secciones Digitales y Sistemas Digitales de Línea –Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales: Redes ópticas Pasivas con Capacidad de Gigabits: Características generales Recomendación G-984.X, perteneciente a su serie G donde se abordan los Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales. Es una serie de recomendaciones que abarca desde G-984.1 hasta G-984.7, desarrollada de manera extensa, detallada y completa orientada a sentar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, así como también de proporcionar un criterio amplio que busca optimizar los recursos como elementos pasivos.

ITU-T G.984.1 (Actualización 2008), Son planteadas las disposiciones generales de diseño, el acceso flexible de FO para soportar sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s. Descripción detallada de la tasa física de transmisión y recepción de la red G-PON (simétricos y asimétricos), finalmente la proposición de la optimización de los sistemas G-PON basado en la necesidad del operador.

ITU-T G.984.2 (Publicación 2003), establece los requisitos de la capa física identificados como Red de distribución Óptica (ODN), Terminación de línea Óptica

(OLT), terminación de red Óptica (ONT), Unidad de red Óptica (ONU) y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos.

ITU-T G.984.3 (Actualización 2014), Trata la especificación de la capa de convergencia de transmisión, el mecanismo de acceso múltiple por división de Tiempo y capa física de operación, administración y mantenimiento de la capa física (OAM). Asimismo describe el método de activación de la unidad de red óptica (ONU), métodos de corrección de errores y requerimientos de seguridad.

ITU-T G.984.4 (Publicación 2008), Se establece la administración y la interfaz de control y protocolos para la terminación de red Óptica (ONT) para sistemas de red G-PON. Además, también provee la descripción del protocolo independiente para la administración de la base de información (MIB), el cual es implementado en el intercambio de información entre la OLT y la ONT.

ITU-T G.984.5 (Actualización 2014), Define los rangos de longitud de onda reservados para señales de servicios adicionales utilizando la Multiplexación por división de Longitud de Ondas (WDM) para futuras redes ópticas pasivas para la maximización el aprovechamiento de la Red de distribución Óptica (ODN).

ITU-T G.984.6 (Publicación 2008), Detalla los parámetros de arquitectura e interface para redes G-PON de alcance extendido utilizando dispositivos extensores de alcance tales como amplificadores ópticos entre la línea de conexión del OLT y el ONT.

ITU-T G.984.7 (Publicación 2010), se dictan los requerimientos necesarios para redes PON de ultra largo alcance, que soporte una distancia diferencial entre dos ONU de 40km. Además, presenta la flexibilidad desprendida distribuciones físicas reales ofreciendo la posibilidad de servicio en una forma eficiente para distancias superiores a las recomendadas.

Resulta más que evidente el uso de las recomendaciones planteadas por la ITU para el desarrollo de un diseño completamente sólido capaz de cumplir de manera eficiente los parámetros planteados en cada una de las secciones expuestas. De esta manera se asegura una plataforma comparable a los grandes despliegues modernos de

FTTH a nivel internacional, compatibilidad y operatividad para distintos proveedores tecnológicos y la capacidad de modernización permitiendo la mejora y ampliación de los servicios de IPTV de manera constante.

2.3. Definición de Términos

Abonado.- Persona natural o jurídica usuaria, bajo contrato, de una red pública de telecomunicaciones, a la cual tiene derecho a acceder para establecer sus comunicaciones.

ATM.- Modo de Transferencia asíncrono

Broadband.- Banda Ancha

Ethernet.- Estándar de redes de área local para computadoras

Fast o Giga Ethernet.- Ampliación del estándar Ethernet que consigue una capacidad de un gigabit por segundo

FTTH.- Fibra hasta la casa

Gigabit.- Unidad de medida de información

Gigabit-capable.- Capacidad de Gigabit

ITU.- Unión Internacional de Telecomunicaciones

ITU-T.- Sector de normalización de la ITU

MDUs.- Se encargan de la distribución de señal

Modem.- Dispositivo que se encarga de la modulación y demodulación

SDH.- Jerarquía Digital Síncrona, Conjunto de protocolos de transmisión de datos.

Splitter.- Divisor de Señales

Triple Play.- Empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, datos, televisión)

VozIP.- Voz sobre protocolo de Internet

xDSL.- Está formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Para Arias, F. (2012): “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado. (p. 111). Es así, como se dará a conocer entonces en el presente capítulo, el abordaje metodológico necesario para el desarrollo de la reingeniería del sistema de tv por cable utilizando la tecnología GPON. En este orden de ideas, el capítulo comprende todo lo referente al tipo, nivel y diseño de la investigación, población y muestra, así como técnicas e instrumentos de recolección de datos y fases del desarrollo de la investigación.

3.1. Tipo de Investigación

Un proyecto factible, como su nombre lo indica, tiene un propósito de utilización inmediata, la ejecución de la propuesta. La base de este proyecto es la utilización de una reingeniería en cuanto a un diseño de un sistema ya establecido para mejorar la calidad en servicio de una transmisión de TV por Cable. En este sentido, la UPEL (1998) define el proyecto factible como un estudio “que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p.7). La propuesta que lo define puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos, que sólo tienen sentido en el ámbito de sus necesidades.

3.2. Diseño de la Investigación

Por consiguiente se describe la estrategia que se seleccionó para resolver problemas y dificultades planteados en este estudio. El enfoque del objetivo es el diseño de un sistema generalizado que logre hacer una transmisión con mayor ancho de banda y sin interferencias.

Según Ramírez (2010), la investigación de campo puede ser extensiva, cuando

se realiza en muestras y en poblaciones enteras (censos); e intensiva cuando se concentra en casos particulares, sin la posibilidad de generalizar los resultados.

3.3. Nivel de Investigación

La investigación realizada es de tipo exploratorio y descriptivo ya que con la información obtenida que se ha desarrollado anteriormente determinaron con mayor precisión la deficiencia que presenta el cable coaxial para la interferencia y atenuación de la transmisión en el servicio de Television por cable, por lo que se sustituyó un diseño de distribución coaxial por una arquitectura FTTH. A pesar de ser un tema de poca popularidad, este mismo encaja en la proliferación de resoluciones que logra en las telecomunicaciones, específicamente en la Television por cable; basando esta consideración en el concepto presentado por investigación exploratoria y descriptiva-correlacionada:

Según Selltiz, Wrightsman y Cook (1980), los estudios exploratorios pueden ser:

a) Dirigidos a la formulación más precisa de un problema de investigación Dado que se carece de información suficiente y de conocimiento previo del objeto de estudio, resulta lógico que la formulación inicial del problema sea imprecisa. En este orden de ideas, la exploración permitirá obtener nuevos datos y elementos que pueden conducir a formular con mayor precisión las preguntas de investigación. 24

b) Conducentes al planteamiento de una hipótesis Cuando se desconoce al objeto de estudio resulta difícil formular hipótesis acerca del mismo. La función de la investigación exploratoria es descubrir las bases y recabar información que permita, como resultado del estudio, la formulación de una hipótesis.

“Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación.” (Arias, 2006 a, p.25).

“La utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas. Es decir, intentar predecir el valor aproximado que

tendrá una variable en un grupo de individuos, a partir del valor obtenido en la variable o variables relacionadas.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.82).

3.4. Población y Muestra

Para el desarrollo de la investigación se hace necesario determinar el espacio donde se desarrollara la misma y los individuos a quienes va dirigida. Según Tamayo y Tamayo (2000 p.114) se define población como: la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades poseen una característica en común.

El estudio se realizó en un urbanismo de tipo residencial, donde fue seleccionado como muestra o sitio a estudiar un conjunto de viviendas unifamiliares con distribución cuadrangular en forma de manzana, la cual alberga un total de 138 viviendas.

La muestra se considera censal ya que se seleccionó el 100% de la población al considerarla un número manejable de sujetos. En este sentido Ramírez (1997) establece la muestra censal como aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra.

3.5. Técnica de Recolección de Datos

Como lo señala Hurtado (2000), las técnicas de recolección de datos, son los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación.

3.5.1. Observación

La técnica que se utilizó fue la observación directa o estructurada, ya que los investigadores estuvieron disponibles para observar el comportamiento de la transmisión final que logra llegar a los suscriptores respecto a la calidad de servicio. La observación consiste en la indagación sistemática, dirigida a estudiar los aspectos más significativos de los objetos, hechos, situaciones sociales o personas en el contexto donde se desarrollan normalmente; permitiendo la comprensión de la verdadera realidad del fenómeno. Hernández (2000), señala que la observación se fundamenta en buscar el realismo y la interpretación del medio.

La observación fue de forma participante y de forma estructurada. Además de

carácter mixto, ya que se planteó una aproximación por observación cualitativa para obtener una aproximación inicial general y luego sesiones de observación cuantitativa a fin de precisar los datos.

3.5.2. Encuesta

Los investigadores hicieron una serie de encuestas en la urbanización estudiada ya que la opinión de los suscriptores era necesaria para conocer las necesidades de cada uno y que de manera equitativa se encuentre un método en beneficio de todos.

Arias, F. (2012) La encuesta por muestreo o simplemente encuesta es una estrategia (oral o escrita) cuyo propósito es obtener información acerca de un grupo o muestra de individuos y en relación con la opinión de éstos sobre un tema específico. La encuesta que se realizó fue estructurada con preguntas dicotómicas, con el fin de medir la experiencia de los suscriptores.

Según Hernández (2000), esta técnica de recolección de información, consiste en “detectar, obtener y consultar bibliografía y otros materiales que parten de otros conocimientos y/o informaciones recogidas moderadamente de cualquier realidad, de modo que puedan ser útiles para los propósitos del estudio” (p.50). Esta modalidad de recolección de información parte de las fuentes secundarias de datos; es decir, aquella obtenida indirectamente a través de documentos que son testimonios de hechos pasados o históricos.

Para este estudio se realizó la encuesta de manera que se pudo conocer, que tan afectados se encuentran los usuarios del servicio respecto a la calidad.

3.6. Instrumento de Recolección de Datos

Según Arias (2006), “Señala que los instrumentos son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida.” (p 44). Así mismo Tamayo y Tamayo (2012) define que: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69). Los instrumentos giran en torno a las técnicas que los investigadores han de seleccionar para su investigación; en concreto, van a ser éstos el físico que contuvo toda la

información recabada. Se utilizó una lista de cotejo donde se vaciaron los datos recabados.

3.6.1. Validación

Hurtado I, y Toro, G (2000), la validez “Se refiere al grado de que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”. (p. 45)

Por consiguiente la validez del instrumento para el presente estudio, queda a juicio de expertos. En relación con esto último, Sabino (2004), lo refiere “Al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con expertos en el tema”. (p. 204).

3.7. Fase De La Investigación

Fase I: Diagnóstico del estado actual de los sistemas de telecomunicaciones de servicio de TV por cable de un conjunto residencial de viviendas unifamiliares

Recolección de planos de distribución del sistema de cableado coaxial de la urbanización de estudio

Documentación de protocolos de Gestión y Control de Redes HFC

Encuesta sobre calidad de servicios aplicadas a los suscriptores del área de estudio.

Fase II: Análisis de las alternativas tecnológicas de Sistemas de Televisión.

Revisión de la documentación recopilada por los trabajos de grado tomados como antecedentes

Análisis de las recomendaciones realizadas por la ITU G-984.

Estudio de las distintas configuraciones de la arquitectura FTTx y selección de la adecuada.

Determinación de los parámetros y variables de monitoreo del sistema.

Fase III: Diseño la reingeniería del sistema de Tv por cable mediante tecnología de redes GPON

Caracterizar el diseño Propuesto.

Seleccionar los equipos compatibles con el estándar GPON.

Comprobar la operatividad del diseño planteado

Fase IV: Estudio de factibilidad técnica, económica, social y ambiental

En el ámbito económico, realizar un estudio de la rentabilidad del proyecto

En el ámbito social, captar el nivel de receptividad de los usuarios que gozan el nuevo servicio.

En el ámbito ambiental, determinar el impacto ambiental en la reingeniería del sistema.

En el ámbito técnico, plantear la capacidad de expansión y mejoras operativas de la red ya instalada

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del estado actual de los sistemas de telecomunicaciones de servicio de TV por cable de un conjunto residencial de viviendas unifamiliares

4.1.2. Zona de Muestra

Delimitando la zona de acción al municipio San Diego perteneciente al estado Carabobo, en el sector Yuma, catalogada por el ente rector municipal como zona centro sur 1, donde se selecciona la urbanización La Gaviota.

La muestra está referida a una urbanización zonificada en 1995 por la empresa Constructora Scarano C.A., donde cada desarrollo habitacional cubre una superficie promedio que se sitúa entre 165.23m² a 170.30m². Está compuesta por una distribución de tipo manzana, es decir, espacio urbano delimitado por calles forma una cuadrícula donde existe una única entrada y salida; las calles internas son rotuladas de forma alfabética comprendiendo las calles A, B, C y D. Es importante acotar que el complejo también integra 54 desarrollos habitacionales orientados hacia el exterior del complejo situados en calles denominadas exterior 1 (Avenida 72), exterior 2 (Avenida E-2), exterior 3 (calle N-2).

A continuación en la Figura 5 y la Figura 6 proporciona una vista global del desarrollo habitacional.

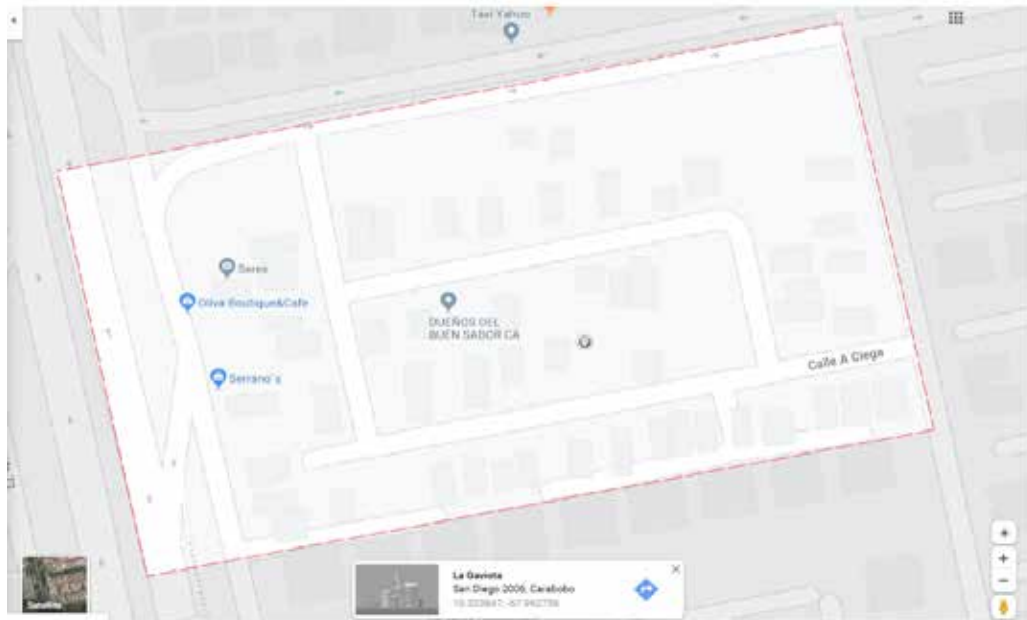


Figura 5. Vista Mapa de la Urbanización la Gaviota

Fuente: <https://www.google.com/maps/search/google+maps/@10.2239719,-67.9634577,19z>



Figura 6. Vista Satelital de la Urbanización la Gaviota

Fuente: <https://www.google.com/maps/search/google+maps/@10.2239746,-67.9634631,209m/data=!3m1!1e3>

De la misma forma se presenta el plano de la red CATV de servicio de televisión por cable proporcionado por la empresa de telecomunicaciones INTER perteneciente a la Corporación Telemic RIF. J-30240664-1. El plano presente en la Figura 7, describe al subnodo SD04D responsable de la distribución de servicios a un total de 1081 abonados, comprendiendo 32 manzanas con un aproximado de 5078m de red con Tecnología HFC.

En dichos plano se observa la ubicación del trazado de los tramos existente en la urbanización La Gaviota, específicamente son las manzanas 23, 24 y 25 las que están integradas en área de estudio. Se pudo notar la distribución actual que se tiene con la Tecnología HFC indicando que el servicio de TV por cable finaliza en las viviendas con cable coaxial. Ver Anexo A.



Figura 7. Distribución de red de Servicio de Tv por cable en el Subnodo SDG04D.

Fuente: Empresa INTER Venezuela (2019)

4.1.2. Caracterización de Viviendas

Se identifica en el plano que la calle exterior1 (Avenida 72) está excluida del subnodo de estudio SDG04D. El desarrollo habitacional físicamente son viviendas tipo unifamiliares de forma adosada. Este es un tipo de edificación se desarrolla para ser ocupada en su totalidad por una sola familia y adosada, ya que las viviendas está en contacto con otras dos (una a cada lado) con una planta estrecha y alargada y por la presencia de ventanas únicamente en los extremos frontal y posterior de la casa.

A continuación se presenta la Tabla 1, con la cantidad de viviendas por calles.

| CALLE | VIVIENDAS |
|-------------------------------|------------------|
| A | 14 |
| B | 37 |
| C | 45 |
| D | 6 |
| EXTERIOR 2 (AV. E-2) | 20 |
| EXTERIOR 3 (CALLE N-2) | 16 |
| TOTAL | 138 |

Tabla 1 Cantidad de Viviendas

Fuente: Polanco, Bueno. (2020)

Así mismo, las Figura 8 y Figura 9, muestran el nivel de construcción típica en el conjunto residencial.



Figura 8. Vivienda Adosada de una planta

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 9. Vivienda Adosada de dos plantas

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Finalmente, se anexan Figuras (Figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15) referenciales a cada vía/calle que delimita a la urbanización la Gaviota.



Figura 10. Calle A
Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 11. Calle B
Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 12. Calle C
Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 13. Calle D
Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 14. Calle Exterior 2 (Av. E-2)
Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 15. Calle Exterior 3 (Calle N-2)
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

4.1.3. Recolección de Datos

El estudio de la planta externa de la red CATV se compone de tres sectores comenzando primeramente en el troncal, las ramas distribuidoras y finaliza con la acometida a la casa del abonado. El sector troncal está diseñado para cubrir extensas distancias aproximadas de 15 km desde la cabecera central o cabecera regional de la red hasta el nodo de red, siendo proyectada bajo cable coaxial con amplificadores cada 600m, o utilizando fibra óptica la cual elimina gran parte del ruido del sistema así como la distorsión que aportan los amplificadores en cascada.

El sector de distribución soporta las cajas de distribución para abonado abarcando una longitud máxima de 2.4 Km, y es en donde se ubican los taps de derivación múltiple para el caso de estudio, dando salida de acometidas individuales para cada abonado y los amplificadores de expansión. Es posible que las cajas distribuidoras no tengan perfecta adaptación de impedancias al cable generando el efecto de ondas estacionarias en la línea, lo que produce pérdidas debido a disipación de potencia.

Por último, los cables de bajada están constituidos por cables coaxiales delgados y flexibles, con una longitud típicamente de 45-60m. En la Figura 16, se observa un esquemático resumen del sistema de distribución en las redes de tipo CATV.

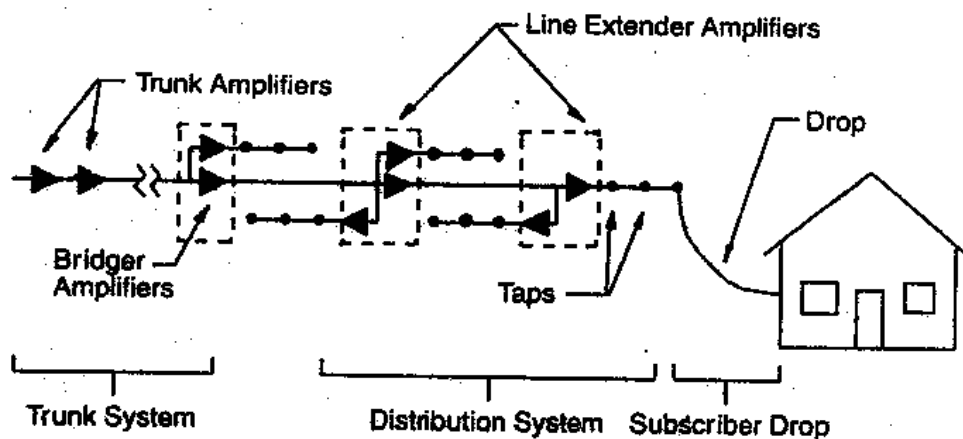


Figura 16. Planta Externa de Distribución
Fuente: Szymanczyk, O. (2013).

Empleando la observación directa, se realiza una inspección de campo no estructurada en el desarrollo habitacional con miras en la recolección de datos fotográficos para forma de estructurar el estado del sector de distribución y el tramo final de acometida hacia el usuario a lo largo de las calles en estudio. La inspección promueve al reconocimiento de los postes y la distribución existente (Figuras 17, 18, 19, 20 21 y 22), se puede observar el mantenimiento y la operación de los mismos, a continuación.



Figura 17. Vista de Muestra Poste calle

A

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 18. Vista de Muestra Poste calle

B

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 19. Vista de Muestra Poste calle

C

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 20. Vista de Muestra Poste calle

D

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 21. Vista de Muestra Poste calle exterior2 (Av. E-2)
Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 22. Vista de Muestra poste de derivación Principal
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Al finalizar la observación del tendido de distribución, se realizó la siguiente lista de cotejo reflejada en la siguiente Tabla 2:

| ITEM | CANTIDAD | | | | | |
|----------------------------------|----------|----|----|---|-------|-------|
| | A | B | C | D | Ext 2 | Ext 3 |
| CALLES | | | | | | |
| POSTES ELÉCTRICOS | 5 | 5 | 6 | 4 | 12 | 7 |
| TAPS DE DISTRIBUCIÓN | 4 | 5 | 6 | 2 | 6 | 4 |
| ACOMETIDAS ABONADO | 15 | 39 | 43 | 5 | 21 | 13 |
| AMPLIFICADORES | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| ECUALIZADORES | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| ACOPLADORES DIRECCIONALES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| SPLITTER | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Tabla 2. Lista de Cotejo
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Una vez concluida la inspección definimos cada uno de los elementos identificados durante la inspección no estructurada:

Tap de Distribución: Accesorio que se utiliza para la interconexión entre la línea de distribución y la acometida de los abonados. En la urbanización se utiliza tap de distribución típico de 8 salidas y de 4 salidas.

Conector tipo F: Se trata de un Conector coaxial de radiofrecuencia de uso común en la televisión terrestre por antena aérea, televisión por cable y universal para la televisión por satélite.

Amplificadores extensor de Línea: Amplificadores para uso en exteriores necesarios para extender la línea de distribución, tomando su alimentación de la propia línea de transmisión. Estos amplificadores si necesitan atenuadores y ecualizadores externos, para su calibración.

Ecualizador: Este accesorio es usado para disminuir en potencia solo cierta parte de la señal de cable de entrada, en específico canales del 2 al 22.

Acoplador Direccional: Accesorio que se utiliza para dividir la señal de entrada en dos señales de salida con atenuaciones diferentes.

Cableado Coaxial: Se observó que en las la redes de tronca y de distribución de Inter se utilizan cable coaxial RG-500 y del tipo RG-6 para las acometidas de usuario.

Así mismo, para fines de mejorar la lectura del plano de la red CATV de Urbanización la Gaviota se realizó un grabado sobre el mismo en cuya leyenda se procede a identificar cada uno de los tramos de distribución en el urbanismo (Ver Figura 23), sobre los cual serán proyectado las nuevas líneas de distribución de fibra óptica. Ver Tabla 3.











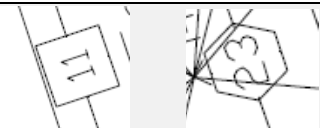
| ITEM | DESCRIPCION |
|--|---|
|  TRAMO 1 | Distribucion Calle Ext 2 y Calle A.a |
|  TRAMO 2 | Distribucion Calle Ext 3 |
|  TRAMO 3 | Conexión Externa-Interna |
|  TRAMO 4 | Distribucion Calle C.a |
|  TRAMO 5 | Distribucion Calle C.b y Calle A.b |
|  TRAMO 6 | Distribucion Calle B y Calle A.c |
|  | Amplificador dual troncal. 1 entrada- 3 salidas. |
|  | Amplificador dual tipo jumper de distribucion. 1 entrada- 2 salidas. |
|  | Ecuvalizadores |
|  | Acoladores Direccionales |
|  | Taps de distribucion de 4 Salidas y 8 Salidas. |

Tabla 3. Leyenda de la Figura 22.

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 23. Plano de tramos y elementos activos existente en la Urbanización la Gaviota
 Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Con el fin de mantener un servicio fiable es imperativo el monitoreo constante del nivel de ruido que puede afectar a la señal, en especial a la señal en los canales de retorno del sistema que gracias a su relativa baja frecuencia lo hacen más sensible, con respecto a los demás canales del sistema CATV, a la superposición de los niveles de señal ruido con respecto a la señal de información.

Actualmente, la empresa prestadora de servicios de telecomunicaciones INTER presentan deficiencia en la calidad del servicio de tv por suscripción por cable debido a las interferencia presente en la señal del servicio, la cual ingresa a la red principalmente por la acometida y distribución interna del abonado, así como posibles fallas en la red principal de distribución. Según el estudio hecho por Palacios, O. (2006) en el trabajo titulado Análisis de Ruido en la señal transmitida en un Cable Coaxial, establece:

“Se determina que en un 90% de los problemas de interferencia se deriva de un manejo inadecuado de cable y desperfectos en la instalación de la acometida y distribución del usuario” (p.60).

Es posible identificar puntos críticos típicos, a nivel físico de la red de distribución de redes de CATV; Puntos que en la inspección la red de distribución en la urbanización La Gaviota estuvieron presentes, los cuales a continuación se presentan:

- a. Conectores de acometida operativo y conectado de forma correcta al tap de distribución y punto de acceso del abonado.
- b. Conectores con persistente oxido, algunos parcialmente rotos, e incluso sustituciones de conectores hecha por el usuario, donde el mismo no presenta protección contra el ingreso de humedad y sin recubrimiento de cinta vulcanizada para lograr un óptimo recubrimiento.
- c. Defectos en la colación y tensión en el cable guía del cable RG-500, proveniente del tap de distribución hasta la acometida del usuario.
- d. Salidas del splitter interno del abonado sin utilizar. Son típicas fuente de señales de ruido.

e. Acometida de acceso al usuario con impedancia interna distinta a la de la red de distribución.

f. Defecto en el cableado coaxial RG-6 en la distribución interna del abonado, donde el blindaje del cable no esté haciendo contacto con el conductor central provocando un corto circuito.

A continuación se presenta evidencia (Figuras 24, 25, 26 y 27) correspondiente a la inspección realizada en la verificación del estado actual en la acometida al usuario.



Figura 24. Cable (Blanco)

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 25. Acometida al usuario descuidada

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 26. Splitter sin protección contra humedad

Fuente: Bueno, Polanco (2020)



Figura 27. Cableado dist. Interna sin Protección

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

A raíz de lo expuesto, es posible identificar y describir las fallas comunes que presenta la red de televisión por cable:

a. Pésima señal: Genera en el video no homogéneo, pequeños puntos en la pantalla que puede ser constatado a través de las mediciones realizadas analizador de espectro.

b. Saturación: Se presenta cuando hay un incremento de señal o pérdida de nivel óptimo de entrada en algún equipo activo (amplificador) de la red de distribución manifestándose con líneas horizontales o inclinadas en la pantalla del televisor.

c. Sin señal: Se manifiesta por la ausencia de señal de información, lo que conlleva a la pérdida de servicio.

d. Interferencias: Se manifiestan de tres formas distintas en la pantalla del televisor tales como:

i. Doble imagen en canales locales: se manifiesta en la pantalla del televisor como sombra de la imagen de video que se transmite. Debido a que este efecto ocurre en los canales locales, es decir, en los canales de baja frecuencia puede afectar principalmente a la transmisión del canal de retorno.

ii. Líneas de voltaje: Esto se presenta en la pantalla del televisor en forma de líneas horizontales que están en movimiento vertical, desde la parte baja a la parte superior de la pantalla.

iii. Señal distorsionada: típicamente se observan puntos como nieve o rayas en la imagen de video.

4.1.4. Protocolo de Gestión y Control

En un inicio sobre una infraestructura HFC operaba el protocolo de capa de acceso de cable datos (CDLP). Este era un protocolo de 28 enlace de datos de cable módem, esta tecnología está descontinuada. Luego, en Marzo de 1997 aparece el estándar no comercial de Especificación de interfaz de servicio de datos por cable DOCSIS, el cual define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable coaxial permitiendo las transferencias de datos de alta velocidad.

Los estándares DOCSIS fueron oficialmente aprobados por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en su versión DOCSIS 1.0. La versión DOCSIS 1.1 ya permitió la VoIP, QoS (Calidad de Servicio) y autenticación. La velocidad de datos que se obtiene depende de los anchos de banda asignados y de la modulación. Los canales de bajada son de 6 MHz en el estándar americano y desde 0,2 MHz a 3,2 MHz en la subida. Típicamente las velocidades de bajada son de 38 Mbps en la bajada por canal de 6 MHz y de 9 Mbps en la subida para el canal de 3,2 MHz. Posteriormente el DOCSIS 2.0 permitió 30 Mbps por canal de 6,4 MHz en la subida.

La empresa INTER S.A. emplea en sus redes protocolo DOCSIS 3.0 (2006). Este protocolo permite multiplexar canales (Channel Bonding) pudiendo alcanzar hasta 40 Mbps en cada canal de bajada y hasta 120 Mbps totales en la subida, este estándar soporta IPv6 e IPTV pudiendo de esta forma competir con los operadores de telecomunicaciones en la prestación de servicio de televisión bajo demanda. En el estándar europeo (euro-DOCSIS) las capacidades son mayores por cuanto se usan canales de 8 MHz y el espectro reservado para la subida es desde 5 MHz hasta 65 MHz. Se puede llegar a 52 Mbps por canal de 8 MHz con modulación 256 QAM.

Es pertinente recordar que una de las limitaciones que fueron planteadas en la realización de la investigación es que no se cuenta con los equipos de medición para realizar parametrización de niveles de interferencia y ruido, como además la imposibilidad al acceso a la red troncal y a la red de distribución que componen el sistema HFC de la empresa prestadora de servicios de telecomunicaciones INTER.

Por ende se plantea el análisis a nivel de sistema de la red partiendo de las recomendaciones realizadas en el Trabajo Especial de Grado realizado por Otoniel Palacio titulado Análisis de Ruido en la señal transmitida en un Cable Coaxial, para optar por grado de Ingeniero en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de Facultad de Ingeniería perteneciente a la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicada en la ciudad capital de Guatemala.

En la investigación se plantea la inspección de la planta externa de una red HFC para servicios de CATV en Sistema de TV por cable bajo un esquema estructurado, planteado a continuación:

Nodo de Fibra:

Primero es necesario identificar el Nodo desde el que proviene la interferencia, este proceso comienza al localizar el punto exacto del combinador de señal de retorno desde la cabecera principal (Head End). Si el combinador de la red está equipado con switches de RF, se pueden utilizar para provocar interrupciones momentáneas hacia cada salida de puerto de retorno para identificar que puerto está provocando la entrada de interferencia o ruido. Si no se cuenta con switches de RF será necesario desconectar cada línea de RF en sucesión mientras se monitorea algún cambio en el nivel de ingreso de interferencia.

Una vez identificado el nodo de fibra que introduce la interferencia será necesario enfocarse con la red coaxial asociada con el nodo. Esto se logra con el auxilio del analizador de espectro ubicado en la cabecera principal. En la figura 28, se muestra el nodo o receptor a revisar.

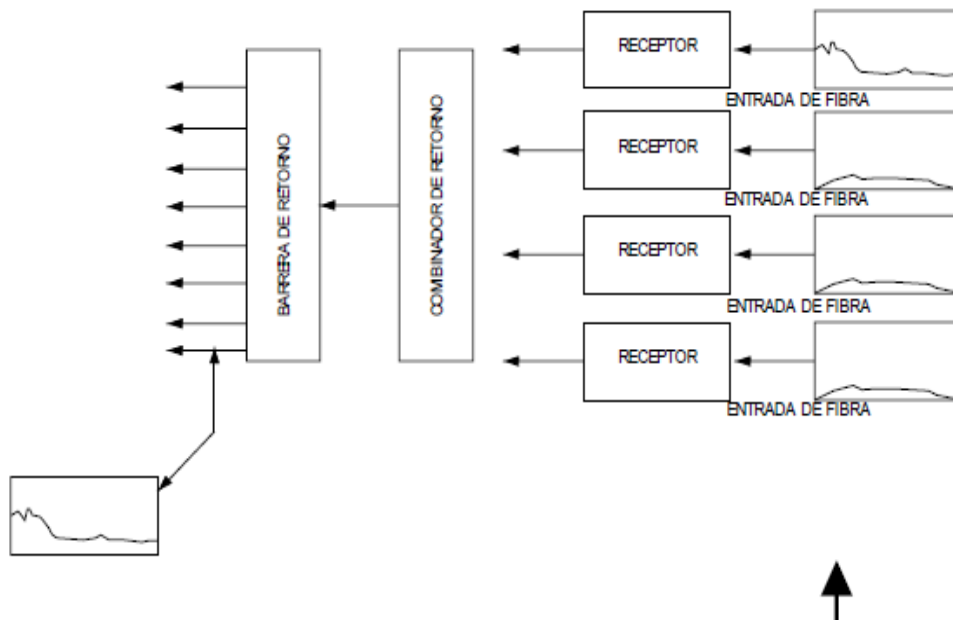


Figura 28. Identificación del nodo de salida

Fuente: Palacios, O. (2006).

Líneas de distribución:

Para identificar la línea de distribución que trae la señal de interferencia se procede de forma muy parecida a la de identificar la línea de fibra, para nodos con plug-in (solo conectar) internos de dirección, simplemente hay que remover o reorientar los direccionadores de señal para desconectar momentáneamente cada línea coaxial desde el nodo. Se puede también remover el “duplex” o filtros de retorno para obtener el mismo efecto.

Si la interferencia es desconectada, y se presenta una reducción significativa en amplitud de la interferencia, se debe restaurar todas las conexiones a la normalidad y proceder hacia el primer amplificador de dicha línea. Esto será observado en el analizador de espectro o monitores de televisión utilizados para el efecto.

En cada amplificador a lo largo de la línea de distribución identificada, se hará repetitivo el proceso de eliminación y monitoreo de ingreso de interferencia durante las interrupciones momentáneas causadas a cada amplificador a través de las líneas de distribución. Continuar con la línea que tenga el mayor efecto en ingreso de interferencia. En la figura 29 se muestra la distribución a revisar.

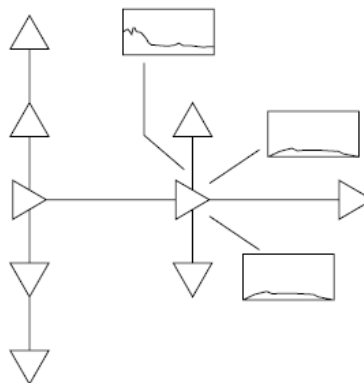


Figura 29. Seguimiento del Ingreso de Ruido
Fuente: Palacios, O. (2006)

Tap de Distribución:

En este punto se presenta la dificultad de aplicar el proceso de eliminación porque no hay conexiones que permitan que el Retorno sea monitoreado. Los TAP permitirán solamente las señales de salida en las salidas de los puertos del mismo. El

sistema de investigación más común utilizado en este punto es el de comprobar el tamaño y estado de los conductores centrales, puesto que se ha comprobado que estos son los que causan altos niveles de ingreso de interferencia.

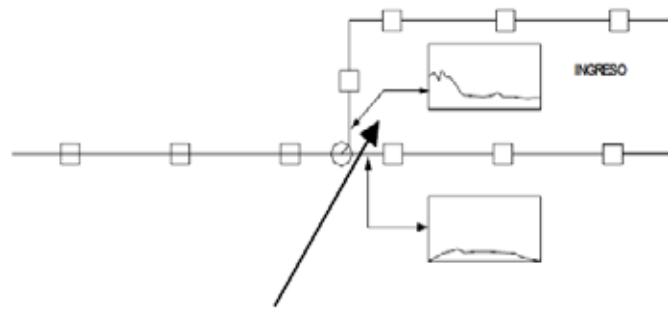


Figura 30. Identificación del Tap de distribución
Fuente: Palacios, O. (2006)

Una vez encontrado en la línea de alimentación un TAP en particular, señalada en la Figura 30, es necesario investigar la filtración de interferencia y reparar cualquier fuente que la origine, a medida que se presente. Se debe comprobar a través de los equipos la reducción del ruido y el funcionamiento de la señal tanto de televisión como Internet.

Aquí es donde se puede desconectar la parte frontal del tap, para verificar si la interferencia proviene de una de las acometidas conectadas. Este proceso debe repetirse en los diferentes taps que pertenecen a la línea de distribución y amplificador que se está revisando.

Acometida

Si al momento de quitar la cara del tap el nivel de interferencia disminuye, se debe proceder a desconectar una por una las acometidas existentes. Siempre debe ser monitoreado el nivel de interferencia y si disminuye, identificar la acometida para darle seguimiento. Verificar que el cable de la acometida es el apropiado, en caso específico debe poseer un 95% de blindaje de malla. Si el cable está deteriorado, o no es el adecuado, reemplazar el mismo. Si el cable es el apropiado, interrumpir la señal en la tierra, o en otra conexión, mientras se monitorea en pantalla el ingreso de interferencia, para localizar la conexión que tiene la falla.

Lo que procede a continuación es revisar las conexiones donde hay accesorios RG-6 de distribución externa del usuario, si presentan humedad o corrosión, de presentarse alguno de los problemas mencionados los accesorios y conectores deben ser reemplazados.

Si el ingreso de interferencia no disminuye con la revisión y reemplazo de cables y conectores, entonces el problema proviene de la parte interna de la casa que alimenta esta acometida. Debe hacerse una revisión completa hasta llegar al punto del problema, debido a que puede ser un accesorio, conectores (conexión interna) o hasta un equipo que esté generando el problema de interferencia.

Cuando no es posible el ingreso a la casa del usuario, la acometida debe colocarse un filtro pasa altos para evitar el problema y luego proceder a la revisión correspondiente. Además, ofrece especificaciones de los instrumentos de medición utilizados en la inspección de la red HFC, dispuesto a continuación:



Figura 31. Analizador de espectro portátil (Marca Acterna)

Fuente: Palacios, O. (2006).

Para realizar el análisis de ruido, se utiliza un analizador de espectro ya sea portátil (Figura 31) o de escritorio para casos de prácticas de un laboratorio (Figura 32) es un equipo que sirve para observar el nivel de potencia y la frecuencia de una porción del espectro electromagnético. El instrumento a utilizar debe tener un rango desde 9 KHz. Hasta 1.5 GHz. Este equipo es utilizado en la cabecera principal (Head End) donde se monitorean todas las conexiones de la red. Paralelo a esto los técnicos en campo se auxilian de un monitor de televisión para observar los niveles de ruido.



Figura 32. Analizador de Espectro (Marca ESA-L1500A Hewlett Packard)
Fuente: Palacios, O. (2006).

4.1.5. Encuesta

Dentro del marco investigativo en el desarrollo del proyecto se realiza un proceso muestral, donde se selecciona una muestra de la población objetivo con el fin de recopilar información sobre la contratación y disfrute de su servicio actual de televisión por suscripción y dar a conocer la capacidad tecnológica y la calidad de servicio que se dispone al implementar tecnología de fibra óptica hasta el hogar.

Dicha encuesta consta de 10 preguntas cerradas de selección única de tipo dicotómica y de tipo politómica. A su vez, previo a la ejecución de la encuesta es necesario realizar una distribución homogénea dentro del área de la urbanización La Gaviota.

En la Figura 33, se muestran los puntos geográficos que servirán de muestra para aplicar el instrumento aplicado a 20 domicilios, el cual representa un 14,49% del total de viviendas del área de estudio, en donde, el marcador de color amarillo representa la calle A, de color azul representa la calle B, de color verde representa la calle C, de color rojo representa la calle D, de color morado representa la Avenida E-2, de color gris representa la calle N-2.



Figura 33. Puntos de muestra de aplicación de instrumento (La Encuesta)

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

A continuación se presenta el análisis de las respuestas obtenidas por la encuesta realizada a la muestra antes mencionada por medio de una serie de tablas (Tabla 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13) que incluyen la representación de las respuestas mediante un gráfico, haciendo posible un entendimiento dinámico y simple para el estudio de la localidad.

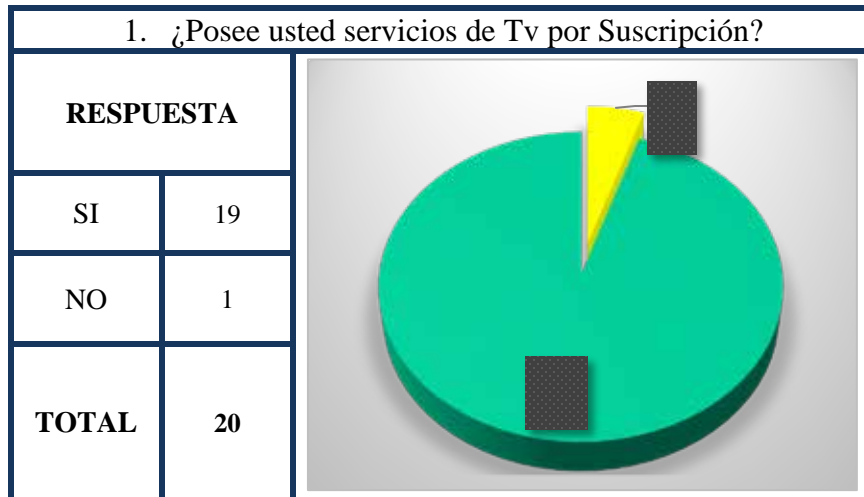


Tabla 4. Índice de suscriptores del servicio de TV
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

La encuesta refleja que el 95% de los encuestados posee actualmente contratado servicios de televisión por suscripción en contraste con el 5% que afirma actualmente no está suscrito, arrojando proyecciones de alto índice de penetración de servicios por suscripción en la urbanización de estudio.

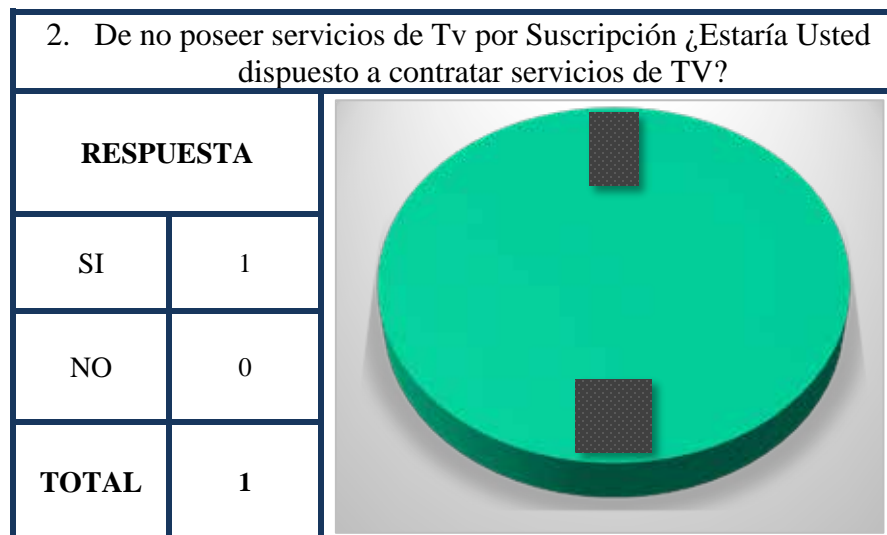


Tabla 5. Proyección de posibles nuevos clientes
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Haciendo referencia al ítem anterior, el encuestado que argumentó no estar suscrito a ningún servicio de tv por suscripción manifestó su descontento por el servicio recibido en el hogar, no solo afectando al servicio de tv sino que de igual manera, el servicio de acceso a la red internet ofrecido por el mismo proveedor era incluso más deficiente que el servicio principal de tv. El encuestado manifiesta que de cambiar de forma radical y asegurando una estabilidad del servicio estaría dispuesto a re-activar su suscripción con el proveedor INTER.

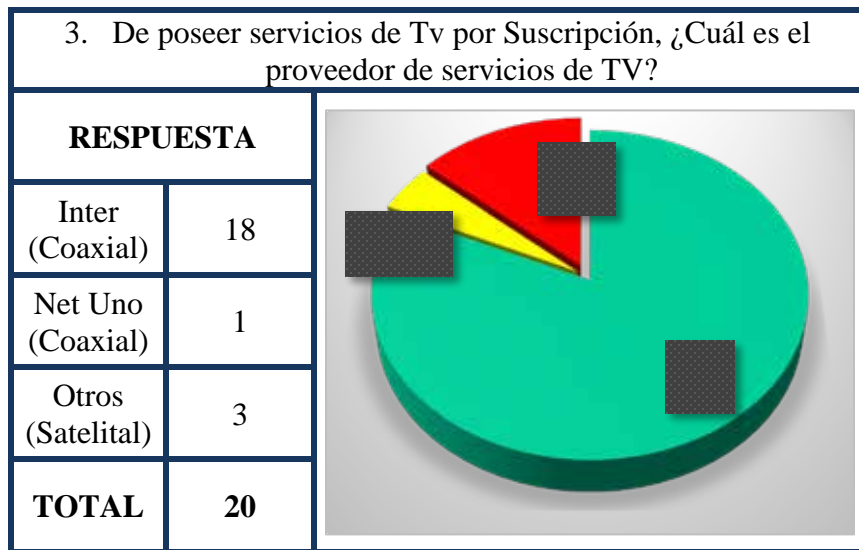


Tabla 6. Índice de afiliación a Operadores
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En este ítem es posible identificar un caso típico pero bastante esporádico, de los 100% de los encuestados la empresa INTER lidera con la mayor cartera de suscripción del total de las tres empresas proveedoras de servicio con 82%, pero a su vez posee contratado otro proveedor de servicio de tv por suscripción, es decir, quienes poseen servicios de tv analógica por cable coaxial también posee contratado servicios de tv satelital únicamente para satisfacer su demanda de contenido interactivo como servicios PPV o VIDEO ON DEMAN en centros propio de entretenimiento en casa obteniendo una cuota de 14%. Finalmente, la empresa de

servicios de tv Net Uno (red CATV Hibrida) está de última en la lista con el 4% del mercado de los encuestados.

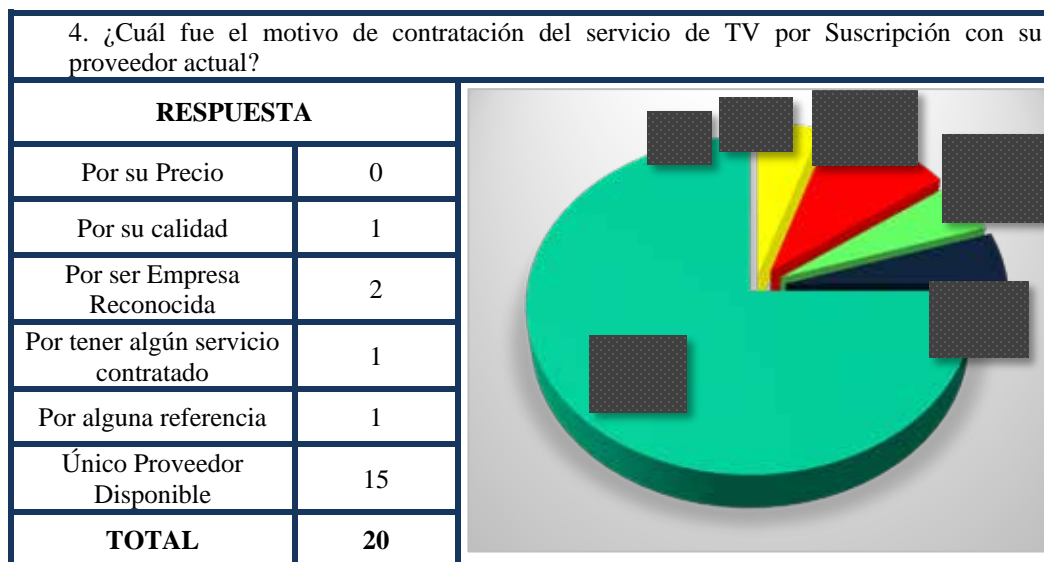


Tabla 7. Motivo de suscripción con el proveedor Actual

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Según resultados del sondeo realizado, la opción que lidera la lista con 75% de los encuestados es la opción de único proveedor disponible; Esto evidencia que en el momento de seleccionar el proveedor de servicios de TV, la empresa INTER destacaba en ser la única disponible con cobertura en el sector de San Diego centro-Norte (Urb. La Gaviota), recalcado el hecho que el tiempo promedio de contrato con los abonados supera los 15 años de antigüedad. Detrás de esta opción, se posiciona con un 10% la opción de ser una empresa reconocida, certeza que además muestra la visión de responsabilidad y estimación de respetable proveedor que gozaba la empresa. Se posiciona al final de la lista las opciones Por tener algún otro Servicio contratado, Por su Calidad, Por Alguna Referencia con una cuota de encuestado de 5% para cada una. Resulta importante identificar que la tasa de pago de servicios contratado nunca fue una limitante para los encuestados, dando a entender que el cliente se enfoca más en calidad, diversidad de servicios y cobertura del proveedor a la hora de contratar nuevos servicios de telecomunicaciones.

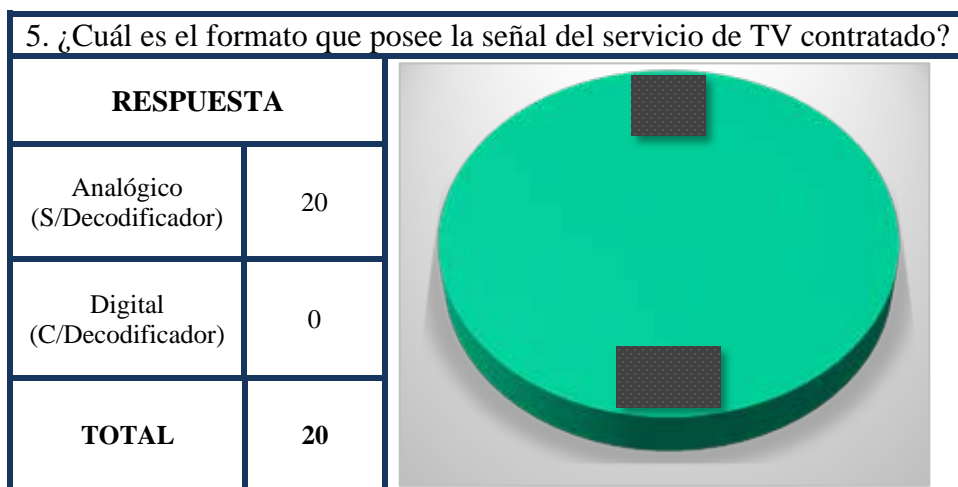


Tabla 8. Formato de la señal de TV a los abonados

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

La totalidad de los encuestados que poseen los servicios de tv por suscripción con la empresa INTER, aseguran poseer servicios de tv 100% analógicos. Esto demuestra la incapacidad de la empresa de ofrecer y disponer de equipos para el abonado que permitan nuevas contrataciones de servicios Premium. Esto supone un sector del mercado de servicio de tv sin explotar en la zona de estudio, además de ser una de las principales razones de perdida de suscriptores habituales y de potenciales nuevos clientes. Cabe destacar que para la máxima comprensión por parte del encuestado en este ítem, fue necesario generar una explicación didáctica sobre la diferencia entre la modulación de forma analógica vs modulación digital de servicios de televisión.

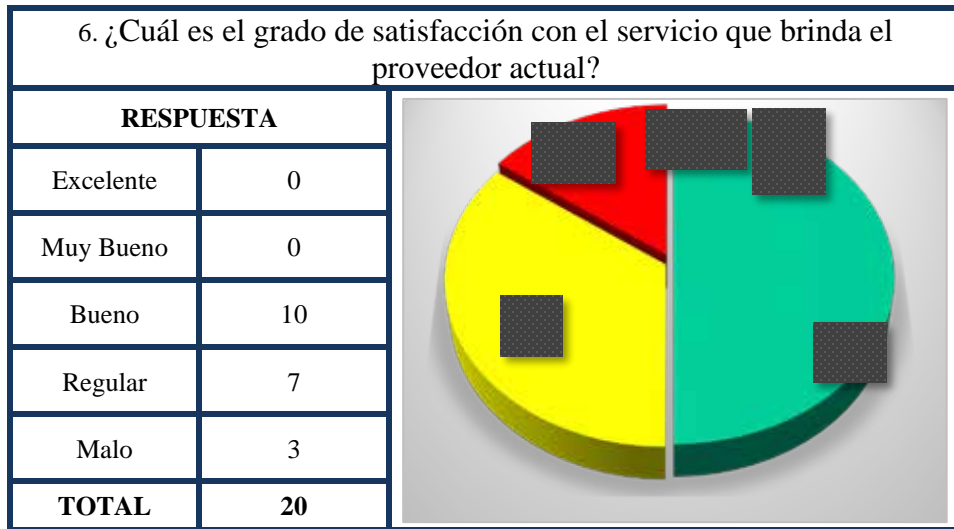


Tabla 9. Nivel de satisfacción del Cliente
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En esta pregunta, todos los abonados concuerdan sobre la calidad de servicio prestado por la empresa INTER se encuentra distante de ser excelente o muy bueno tal como en pleno apogeo de la empresa obteniendo un 50% en que el servicio es apenas cuantificable como bueno. En segundo lugar, se encuentra el 35% de los encuestados, quienes aseguran que el servicio está completamente regular y finalmente un 15% de los usuarios considera que el servicio se encuentra deplorable.

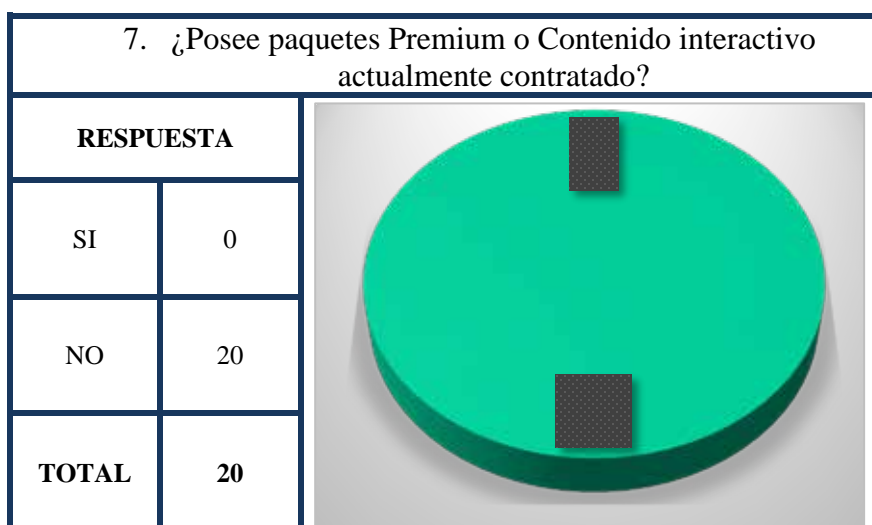


Tabla 10. Índice de contratación de contenido Premium o contenido Interactivo
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Este ítem refleja lo recolectado en la pregunta nro. 3, el 100% de los participantes aseguran que no poseen servicio PREMIUM contratado actualmente, debido a que la empresa no es capaz de suministrar al abonado el equipos necesarios para poder aprovechar la red actual instalada en servicios de tv digital; es por esto que, existen usuarios con dos servicios de tv por suscripción contratados, exponiendo que el proveedor principal es INTER, pero que aprovechan la plataforma tecnológica de proveedores satelitales para así hacer uso de servicios interactivos y PREMIUM. Ellos también se muestran la disposición de contratar servicios digitales con su proveedor principal siempre y cuando este demuestro confiabilidad y alta calidad en transmisión (audio/video) y la diversidad de contenido que ofrecen los proveedores satelitales.

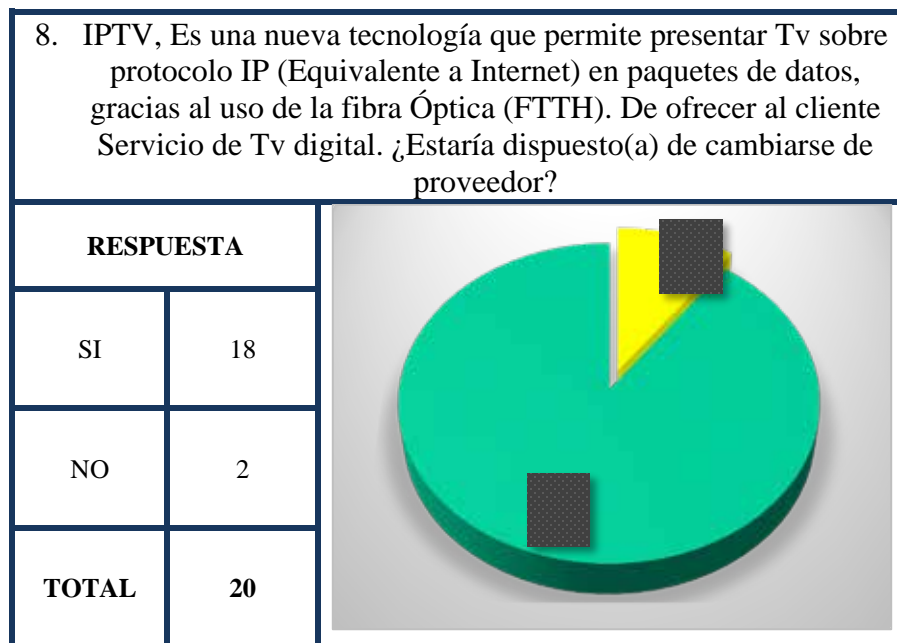


Tabla 11. Índice de intención de cambio de proveedor por parte del abonado
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Nuevamente, al igual que en la pregunta nro. 5, fue necesario realizar una explicación didáctica a manera de introducción sobre la tecnología GPON y sobre cómo esta aprovecha la fibra óptica para entregar servicios de tv digital

empaquetados sobre protocolo IP. Al concluir la explicación, se busca dar nociones básicas al encuestado sobre el servicio de IPTV y la instalación de fibra óptica que podría disfrutar al suscribirse con proveedores de servicio con esta tecnología. El 90% de los encuestados está completamente de acuerdo y dispuesto de dar el gran paso a la nueva generación de redes, mientras que el restante 10% de los encuestados afirman que no están dispuestos suscribirse a estos servicios. En estos últimos, surgen dos puntos principales que llevan en dirección contraria a las nuevas redes GPON; la primera recae en la incertidumbre y desconfianza en la implementación de la tecnología en el país, haciendo ahínco en que ningún otra empresa de tv por suscripción utiliza este método, y la segunda gran preocupación consiste en las posible carga económica extra, que generaría la instalación de redes GPON en el hogar, dudas como canalización, conectorización e implementación de OLT necesaria para la operatividad del sistema.

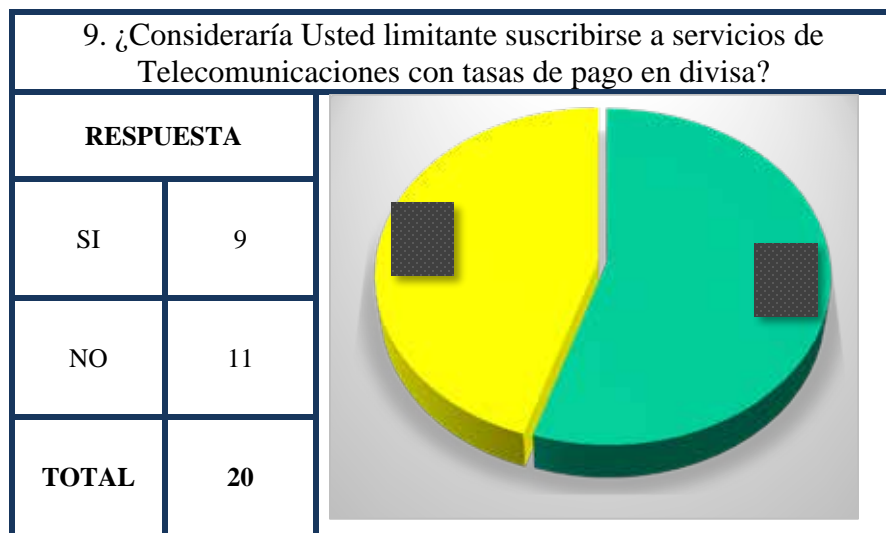


Tabla 12. Monetización del servicio de Telecomunicación

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En esta pregunta es posible observar división casi equitativa de la opinión de los encuestados. El 45% de los encuestado aceptan de que un servicio de telecomunicaciones que mantenga altos estándar de calidad, confiabilidad y

contenido Premium e Interactivo estarían dispuestos a realizar el pago en divisa o al cambio a tasas oficiales del mercado. En contraste el 55% esta negada la posibilidad de que la cuota de pago este cotizada en cualquier divisa extranjera, además defiende su derecho a tener servicios accesibles a precios solidarios establecidos a la moneda oficial de Venezuela; opinión que no responde a realidad económica que atraviesa el país y a la par con la tecnología necesaria para los servicios de nueva generación.

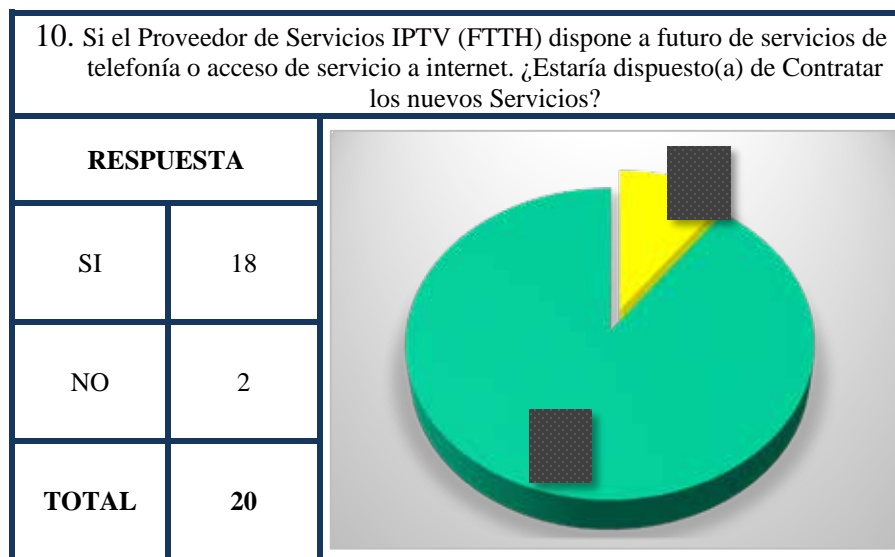


Tabla 13. Índice de contratación de nuevos servicios a futuro
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En el ítem final de la encuesta aplicada a la muestra de 20 suscriptores de servicios de tv paga de la Urbanización La Gaviota, el 90% concuerda en que si la nueva tecnología logra cubrir las expectativas acorde a la tecnología instalada sea en imagen de alta definición, servicio de alta confiabilidad y de rápida respuesta a nivel de comunicación, estarían en la contratación de servicios de telefonía y con alta expectativa por servicios de acceso a red de alta velocidad de conexión que es posible de ofrecer utilizando las redes GPON. Por otro lado, solo el 10% asegura que no es necesario realizar cambio de proveedor de servicios de telefonía y acceso de red.

4.2. Análisis de las alternativas tecnológicas de Sistemas de Televisión

4.2.1. Documentación recopilada

Principalmente se tomaron en cuenta los requerimientos del área estudiada y sus respectivos beneficiarios y desde allí se comenzó la revisión de la documentación recopilada de los trabajos de grado referenciales, tomados como antecedentes. Inicialmente se puede decir que el avance tecnológico de la Televisión en el país ha desarrollado tecnologías que permiten tener acceso a este medio de comunicación de diferentes maneras, ya sea mediante enlaces satelitales o por redes de cable coaxial, sin embargo la tecnología IPTV no está completamente desarrollada e implementada en el país.

Actualmente se usa un sistema de TV analógico para proveer el servicio, mediante ondas electromagnéticas y señales por cable de cobre como medio de transmisión; los clientes de las empresas de Telecomunicaciones demandan exigencias y sus necesidades comparan medio físico y velocidad considerando las de internet. Por consiguiente las empresas tienden a invertir en nuevas tecnologías, mayormente inclinándose a fibra óptica, ya que esta es capaz de soportar la integración de nuevos servicios

De acuerdo a las Tesis estudiadas con estudios referentes a la reingeniería de un sistema de TV por cable, existen grandes ventajas que ofrece un sistema digital de TV como: mayor eficiencia espectral o mayor número de canales en el mismo ancho de banda y la superior robustez en la señal frente a ruido e interferencias de las trayectorias múltiples, lo que hacen de este avance tecnológico una herramienta atractiva y comercial. (Romero Paz, Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON, 2013).

La arquitectura IPTV está compuesta por 3 componentes principales entre ellos están:

Núcleo de contenido: es el cerebro de la arquitectura donde se maneja la gestión y acceso de los usuarios, también se encuentra incluida la plataforma en la que se controla el servicio IPTV por medio de un Middleware. Un Middleware es un

software de conectividad que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento en aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas; esta se encuentra ubicado en el equipo de cabecera o Head-End y puede ser perfectamente separado del fabricante que implemente la solución IPTV. En el núcleo de contenido también se encuentra el servidor VoD, este es el que permite al usuario personalizar el contenido que desea ver y viene a sustituir los sistemas antiguos, el ancho de banda es mucho mayor que un servicio promedio, también guarda el contenido solicitado para un posterior acceso.

Red de Transporte: consiste en equipos que direccionan el tráfico por medio de una red IP/MPLS (Multiprotocol Label Switching) hacia los distintos nodos; en esta red se traslada el contenido que se encuentra listo y empaquetado luego de salir del núcleo de contenido.

Red de acceso: El contenido es llevado hasta donde se encuentra el cliente, pero que a su vez necesita un demodulador de la señal de IPTV para poder ser integrada a un televisor convencional y así recibir el servicio. Las partes más importantes que componen esta última sección de la arquitectura es lo que se conoce como última milla que interconecta al nodo más cercano con el cliente (STB)

En cuanto a los anchos de banda, estos son variables según el tipo de contenido, siendo necesarios mayores anchos de banda para deportes o películas de acción con muchos cambios de imagen. Observe en la Figura 34, las velocidades correspondientes a los estándares MPEG2 y MPEG4 para IPTV.

| Columna1 | MPEG2 | MPEG4 |
|-------------------------|---------|----------|
| STANDAR DEFINITION (SD) | 4 Mbps | 1.5 Mbps |
| HIGH DEFINITION (HD) | 15 Mbps | 8 Mbps |

Figura 34. Velocidades requeridas para IPTV

Fuente: De León (2009)

La TV Digital se ha visto enormemente impulsada por el desarrollo de estándares de codificación, tales como MPEG-2 con tasas de bit de alrededor de 4Mbit/s y más adelante el estándar MPEG-4 que permite reducir ésta tasa a 1,5

Mbit/s en muchos casos; los estándares que se utilizan son elegidos dependiendo de las características más influyentes en el sistema observadas en la Figura 35.

| Característica | MPEG-2 | MPEG-4 part 2 | MPEG-4 part 10/H.264 |
|--|---|---|--|
| Tamaño del Macrobloque | 16x16 (Modo cuadro) 16x8 (Modo campo) | 16x16 | 16x16 |
| Tamaño de bloques | 8x8 | 16x16, 16x8, 8x8 | 16x16, 8x16, 16x8, 8x8, 4x8, 8x4, 4x4 |
| Predicción INTRA | No | Dominio de la transformada | Dominio espacial |
| Transformada | DCT de tamaño 8x8 | DCT-Wavelet de tamaño 8x8 | 8x8, 4x4 DCT entera 4x4, 2x2 Hadamard |
| Cuantización | Cuantización escalar con tamaño constante entre pasos del cuantizador | Cuantización vectorial | Cuantización escalar con tamaño entre pasos de 12.5% de la velocidad binaria |
| Codificación de la entropía | VLC | VLC | VLC, CAVLC, CABAC |
| Exactitud de las muestras de la imagen | 1/2 muestra | 1/4 muestra | 1/4 muestra |
| Cuadros de referencia | 1 cuadro | 1 cuadro | Múltiples cuadros |
| Modo de predicción bidireccional | adelante / atrás | adelante / atrás | adelante / atrás atrás / atrás backward / backward |
| Predicción con peso | No | No | Si |
| Filtro de desbloqueo | No | No | Si |
| Tipo de cuadros | I, P, B | I, P, B | I, P, B, SI, SP |
| Perfiles | 5 perfiles | 8 perfiles | 7 perfiles |
| Acceso aleatorio | Si | Si | Si |
| Resistencia a errores | Particionamiento de datos, FEC para transmisión de paquetes por importancia | Sincronización, particionamiento de datos, extensión de encabezados, VLCs reversibles | Particionamiento de datos, ajuste de parámetros, orden flexible de macrobloques, rebanadas redundantes, rebanadas tipo SP y SI |
| Velocidad de transmisión | 2-15 Mbps | 64kbps - 2Mbps | 64kbps - 150Mbps |
| Complejidad del codificador | Mediana | Mediana | Alta |
| Compatibilidad con estándares previos | Si | Si | No |

Figura 35. Análisis comparativo de los algoritmos de codificación de video utilizados en TV Digital

Fuente: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000300004

Por otro lado la convergencia de redes y servicios ofrece ventajas a los países en los cuales es implementado el *Triple Play*, dinamiza el mercado ya que cualquier red es capaz de proporcionar cualquier servicio y promueve el avance de nuevas

tecnologías más eficientes, pero también genera cambios en los sistemas de telecomunicación lo que hace que las economías deban adaptar sus estructuras legales a esta innovación.

Las redes HFC de nueva generación son aquellas que combinan fibra óptica y cable coaxial para la distribución de datos; el tramo de distribución con cable coaxial, quedaría solo reducido al interior de la casa si es necesario. Una red de distribución es aquella que reparte la señal que lleva la información de varios usuarios, desde el nodo óptico hasta el TAP más cercano al abonado o usuario final. Esta red se basa en cable coaxial junto a una serie de equipos activos y pasivos para la propagación y división de señal. En el caso de red HFC normalmente la red de distribución contiene un máximo de 2 o 3 amplificadores de banda ancha y abarca grupos de unas 2000 viviendas. A diferencia de las redes HFC, una red GPON no ofrece un camino de retorno análogo para soportar comunicaciones de dos vías.

La tecnología llamada PON es la más usada y de menor costo e implica la distribución de las señales sin usar elementos activos en la red hasta el cliente. Usan divisores ópticos, divisores por longitud de onda, etc. Cuando la fibra llega hasta el edificio en general termina con fibra hasta el terminal del cliente a través de un divisor final. En otros casos se usa el acceso final por par de cobre y VDSL2 o cable coaxial y enlaces DOCSIS en las redes de los operadores de TV. La tecnología PON ofrece una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (xDSL).

Al igual que la tecnología GPON que tiene capacidad de soportar velocidades en el nivel de los Gigabits las redes inalámbricas WiFi y WiMAX soportan la misma capacidad, aunque diferencia del estándar Wi-Fi, WiMAX puede cubrir grandes distancias con un gran ancho de banda. Puede ser una alternativa para ofrecer servicios de banda ancha a zonas donde el medio de transmisión físico (cobre, fibra óptica, cable) es de difícil implantación. Se puede transmitir hasta 100 Mbps en un rango de 50 kilómetros

RFoG (Radio Frecuencia sobre Vidrio) es una tecnología surgida, debido a la demanda del mercado, se basa en una distribución óptica totalmente pasiva que llega con un cable de Fibra Óptica directamente a la casa. El tramo de distribución con cable coaxial, presente en las redes HFC, quedaría solo reducido al interior de la vivienda si es necesario pero a diferencia de la PON constituye una herramienta competitiva de los empresas de tv por cable para enfrentar a las compañías telefónicas con sus soluciones PON, manteniendo los moduladores y elementos de cabecera que utilizaba la red HFC.

4.2.2. Recomendaciones realizadas por la ITU.

La red GPON en la recomendación ITU-T G.984 responde a que es una red flexible, que tiene capacidades de soportar grandes anchos de banda con velocidades de transmisión de 1.2Gb/s y 2.4Gb/s en enlaces descendentes y de 155Mb/s, 622Mb/s, 1.2Gb/s y 2.4Gb/s para enlaces ascendentes de diferentes sistemas de redes ópticas con capacidades de Gigabits tanto simétricos como asimétricos.

La distancia máxima entre OLT y ONT, en los sistemas GPON es de 60Km, mientras que la distancia física máxima es de 20Km, pudiendo ocupar en una distancia de 20Km un mínimo de 32 usuarios finales y un máximo de 64, según las recomendaciones hechas en el estándar ITU-T G.984. La red GPON tiene equipos de terminación de línea óptica (OLT) y pueden tener unidades de red óptica (ONU) o terminales de red óptica (ONT) interconectados mediante una red de distribución óptica pasiva (ODN). (Ver Figura 35.)

En el apartado 8.2.5 de la Recomendación G.984.2 de la UIT-T se especifica el rango permitido de longitudes de onda de operación de la interfaz R/S. En el sentido descendente, la longitud de onda de operación deberá estar comprendida en el rango de 1.480-1.500nm, mientras que en el sentido ascendente el rango permitido es 1.260-1.360nm (ver Figura 36). Las pérdidas que existen por la atenuación de la fibra óptica por Km, son consideradas con la distancia máxima entre OLT y ONT. Los valores que definen la pérdida de potencia del haz de luz, en la propagación por la fibra óptica, están definidos en la siguiente figura:

| Ventana de longitud de onda | Valor definido |
|-----------------------------------|----------------|
| 1330 nm utilizado para Upstream | 0.35 dB/Km |
| 1490 nm utilizado para Downstream | 0.40 dB/Km |

Figura 36. Perdidas de potencia en fibra óptica
Fuente: Vázquez y Elaje. (2018)

Para los cables de fibra óptica tratados en la Recomendación de la ITU G.652.D tienen, generalmente, coeficientes de atenuación inferiores a 1,0 dB/km en la región de longitudes de onda de 1300nm e inferiores a 0,5 dB en la de 1550nm. Y el máximo coeficiente de dispersión cromática deberá especificarse por

El análisis y resultado para la obtención de los coeficientes de dispersión y atenuación descritos anteriormente vienen denotados por una serie de ecuaciones incluidas en la Reedicción de la Recomendación G.652 del CCITT publicada en el Libro Azul, Fascículo III.3 (1988) la cual explica una serie de características de los cables de fibra óptica específicamente del monomodo; estos se utilizan ampliamente en las redes de telecomunicación. Sin embargo, en la Recomendación G.657 la cual fue publicada en el 2006 donde promueve la optimización recomendando a tales efectos cables y fibras con un comportamiento muy mejorado ante las flexiones en comparación con los cables y fibras monomodo G.652, aunque existen dos clases de fibra monomodo (clase A y clase B) los de clase A están en total conformidad con las fibras monomodo G.652 y a continuación en la Figura 37, presentamos un resumen de todos los atributos que en ella encontramos:

| Atributos de la fibra | | | |
|--|---|-------------------------------|------|
| Atributo | Dato | Valor | |
| Diámetro de campo modal | Longitud de onda | 1310 nm | |
| | Gama de valores nominales | 8,6-9,5 μm | |
| | Tolerancia | $\pm 0,4 \mu\text{m}$ | |
| Diámetro del revestimiento | Nominal | 125,0 μm | |
| | Tolerancia | $\pm 0,7 \mu\text{m}$ | |
| Error de concentricidad del núcleo | Máximo | 0,5 μm | |
| No circularidad del revestimiento | Máximo | 1,0% | |
| Longitud de onda de corte del cable | Máximo | 1260 nm | |
| Pérdida por macroflexión (Notas 1, 2) | Radio (mm) | 15 | 10 |
| | Número de vueltas | 10 | 1 |
| | Máximo a 1550 nm (dB) | 0,25 | 0,75 |
| | Máximo a 1625 nm (dB) | 1,0 | 1,5 |
| Prueba de tensión | Mínimo | 0,69 GPa | |
| Coeficiente de dispersión cromática | $\lambda_{0\text{min}}$ | 1300 nm | |
| | $\lambda_{0\text{max}}$ | 1324 nm | |
| | $S_{0\text{max}}$ | 0,092 ps/nm ² × km | |
| Atributos del cable | | | |
| Coeficiente de atenuación | Máximo de 1310 nm a 1625 nm (Nota 3) | 0,4 dB/km | |
| | Máximo a 1383 nm ± 3 nm | (Nota 4) | |
| | Máximo a 1550 nm | 0,3 dB/km | |
| Coeficiente de PMD | M | 20 cables | |
| | Q | 0,01% | |
| | Máximo PMD _Q | 0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$ | |

Figura 37. Atributos de la fibra monomodo G.652 Clase A

Fuente: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657/es>

4.2.3. Configuraciones de la arquitectura FTTx

La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en la redes FTTx. Por lo contrario, el ancho de banda no es dedicado, sino multiplexado, trabaja de forma dinámica en una misma fibra sobre los puntos de acceso de red de los usuarios. FTTx engloba varios tipos de arquitecturas de una red GPON, de acuerdo a la topología que se presenta sobre el terreno y de acuerdo a como fue planificado se prosigue a la selección de dicha arquitectura. . Para la conexión hasta la casa se utiliza FTTH; esta arquitectura proporciona una vía de comunicación a través del cable de fibra óptica que se extiende desde el equipo de conmutación del operador de telecomunicaciones al límite mismo de las casas.

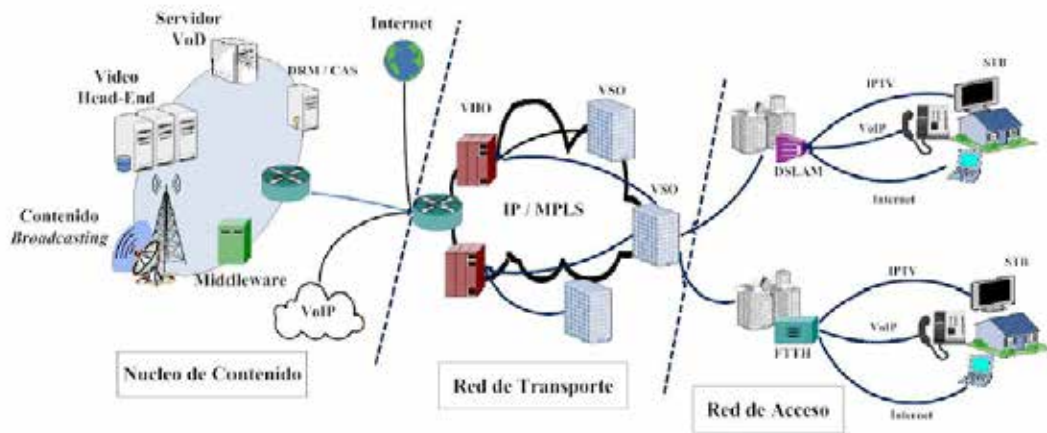


Figura 38. Arquitectura IPTV

Fuente: Gutiérrez Vargas, (2007)

Una red de arquitectura FTTH con tecnología GPON (Véase Figura 39) permite soluciones con mayor eficacia en transporte de información, mayor ancho de banda, tecnologías en servicios de internet, voz, televisión IP (Figura 38) entre otras. Comparado con las redes de cobre, la fibra óptica (consideraciones a seguir en la Figura 37) ofrece mayor seguridad de la información, mayor estabilidad, resistencia a las interferencias electromagnéticas, menor degradación de la señal, permitiéndole trabajar con altos niveles de tráfico de datos, contenidos multimedia y otros, (de manera confiable y rápida, a través de una red certificada bajo normas y estándares.

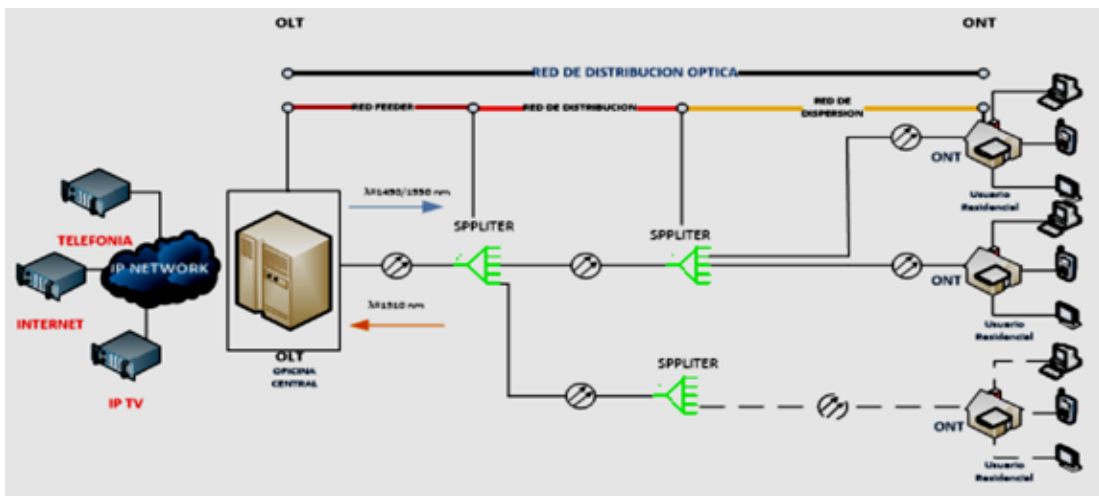


Figura 39. Arquitectura FTTH-GPON. Enfoque UTE.

Fuente: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/> (2016)

4.2.4. Parámetros y variables

La certificación de la red de distribución óptica pasiva implica verificar la continuidad y los niveles de atenuación en los diferentes elementos de la red. Para el control de los valores comparados con los de referencia de los elementos de la red de distribución óptica pasiva a certificar, tenemos: Velocidad Upstream, Velocidad Downstream, Alcance físico, Alcance lógico, Atenuación en puntos de fusión, Atenuación en conectores mecánicos, Atenuación en conectores, Atenuación en mangas o empalmes y Margen de seguridad (Ver Figura 40).

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Máxima velocidad Downstream: | 2,488 Gbit/s. |
| Máxima velocidad Upstream: | 1,244 Gbit/s. |
| Máximo alcance físico | 20 Km |
| Máximo alcance lógico | 60 Km |
| Atenuación en puntos de fusión. | ≤ 0,30 dB |
| Atenuación en conectores mecánicos. | ≤ 0,50 dB |
| Atenuación en conectores. | ≤ 0,75 dB |
| Atenuación en mangas. | ≤ 0,15 dB |
| Margen de seguridad | +3 dB |
| Atenuación $\lambda = 1310$ nm | 0,35 dB/Km |
| Atenuación $\lambda = 1550 / 1490$ nm | 0,22 dB/Km |
| Divisor óptico (splitter) | |
| 1:64 | ≤ 20,5 dB |
| 1:32 | ≤ 17,5 dB |
| 1:16 | ≤ 13,8 dB |
| 1:8 | ≤ 10,6 dB |
| 1:4 | ≤ 7,5 dB |
| 1:2 | ≤ 3,8 dB |

Figura 40. Valores de referencia de los medios físicos dependientes (ITU-T G 984.x).

Fuente: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/> (2016)

También nos encontramos con la lista de las distintas velocidades con respecto a las combinaciones que existen en la velocidad de transmisión en la fibra óptica al trabajar con red GPON (Tabla 14).

| Sentido Ascendente | Sentido Descendente |
|--------------------|---------------------|
| 155 Mb/s | 1.2 Gb/s |
| 622 Mb/s | 1.2 Gb/s |
| 1.2 Gb/s | 1.2 Gb/s |
| 155 Mb/s | 2.4 Gb/s |
| 622 Mb/s | 2.4 Gb/s |
| 1.2 Gb/s | 2.4 Gb/s |
| 2.4 Gb/s | 2.4 Gb/s |

Tabla 14. Velocidades de transmisión con fibra óptica de red GPON

Fuente: Vázquez y Elaje. (2018)

El análisis y conclusión de la ITU en la recomendación ITU-T G.984 respecto a los parámetros a considerar para la operación y mantenimiento de la fibra óptica en la red antes mencionada son presentados a continuación en la tabla 15.

| Recomendaciones estándar ITU-T G.984 | |
|--|--|
| Distancia | 20Km – 40Km |
| Retardo Máximo en la transferencia | 1.5 ms |
| Fibra Óptica | Monomodo G652.D |
| Tasa de Transmisión de Datos Upstream | 1.2Gbps (32Mbps a 37.5 Mbps para cada cliente) |
| Tasa de Transmisión de Datos Downstream | 2.4Gbps (32Mbps a 75Mbps para cada cliente) |
| Longitud de onda voz+datos OLT-ONT | 1490nm |
| Longitud de onda voz+datos ONT-OLT | 1310nm |
| Longitud de onda Video desde la central | 1550nm |

Tabla 15. Recomendaciones de la ITU-T G.984

Fuente: Vázquez y Elaje. (2018)

La actual red de cobre HFC que opera en el sector de estudio, no cumple con las exigencias de los usuarios que a diario requieren mayor ancho de banda para un mayor disfrute del servicio de TV, donde al no tener grandes velocidades que su operación demandan hace que sus procesos no cumplan las metas establecidas, como lo demuestran los resultados de la encuesta realizada en la fase anterior. El área de estudio es una zona de fácil acceso y existe una distribución de cable ostentosa, serán aprovechadas estas características para rediseñar el sistema evitando el uso de elementos activos y donde la velocidad de transmisión en el servicio de TV sea aún más alta y eficiente que la actual.

Por tal motivo, se ha realizado un análisis y se propone como solución implementar una red con tecnología GPON, la cual consta de un equipo central (OLT) y equipos terminales (ONU's o ONT's) utilizando la arquitectura FTTH, que ofrece cobertura de hasta 20 km con una división de la señal óptica de 1 hilo para hasta 128 clientes, cada puerto cuenta con capacidad mínima de 1 Gbps.

4.3 Diseño de la reingeniería del sistema de Tv por cable mediante tecnología de redes GPON

El despliegue de una red de acceso normalmente está repleto de diversos procedimientos técnicos, sujeto a normativas de obra y a la agenda de gestión de proyectos. Por ello, a lo largo del presente capítulo, se describe de una forma sencilla el procedimiento de diseño de la red de acceso basada en fibra óptica desplegada en un sector residencial de viviendas unifamiliares a partir de la zonificación y prestación de servicios usando tecnología GPON, permite optimizar el rendimiento de una red de fibra óptica para una mejor prestación de servicios y mejoras en el rendimiento continuo de manera distribuida, cumpliendo los parámetros esenciales de alta calidad y bajo coste sobre una estructura física determinada.

4.3.1. Caracterización del Diseño

Zona de Despliegue:

El estudio está enfocado en la reingeniería en la red de alimentación, distribución e última milla de la antigua red HFC de la empresa de servicios de telecomunicaciones INTER, con el objetivo de proyectar una nueva red de fibra óptica bajo el estándar GPON. El planteamiento de esta red se realizó en la Urb. La Gaviota ubicada en el sector Yuma del municipio San Diego en el estado Carabobo, limitando al oeste con la Av. Intercomunal don julio centeno, al sur con el complejo de viviendas multifamiliares los Andes I, al este limita con el complejo de viviendas unifamiliares los Andes II y al norte limita con el sector residencial de Valle Verde.

El número total de vivienda dentro de los límites del conjunto residencial y contemplado dentro del proyecto es de 138 viviendas unifamiliares de formato horizontal, por ello la urbanización La Gaviota fue sectorizada en 3 áreas de despliegue para fines prácticas de diseño y distribución de la fibra óptica. Ver Figura 41.

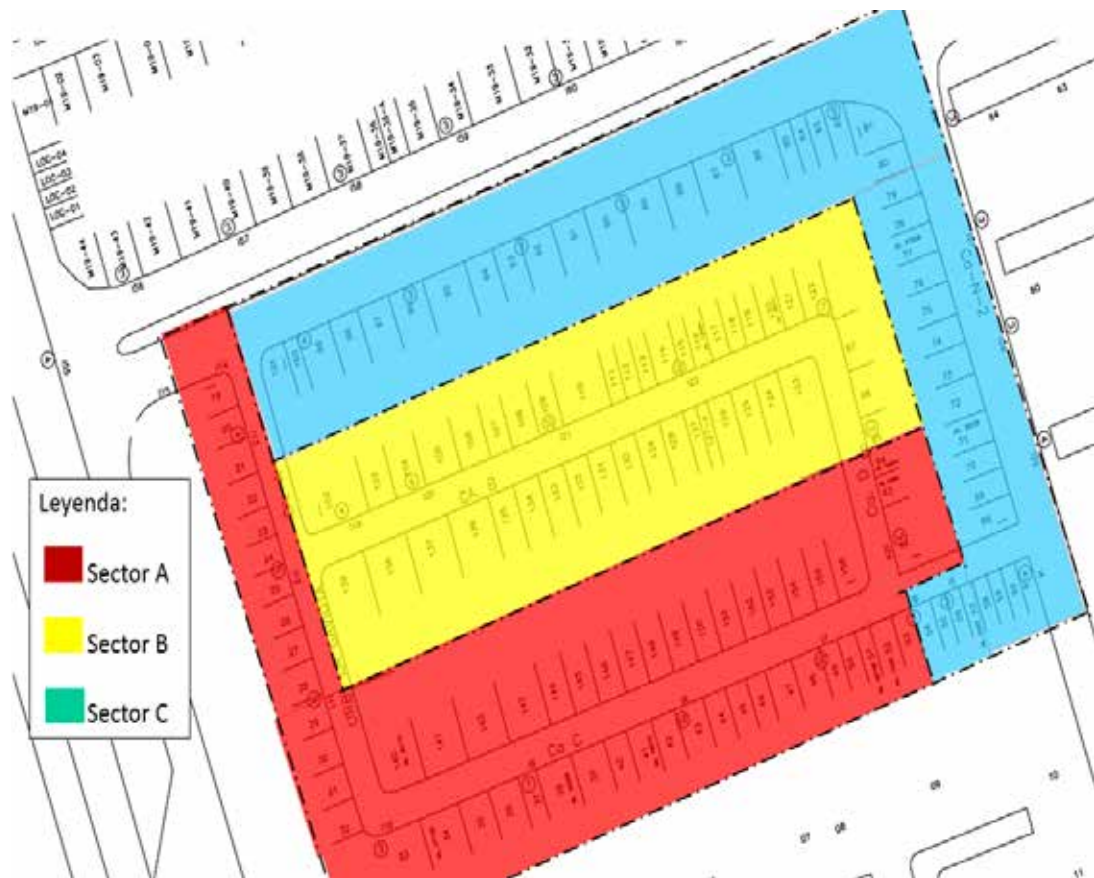


Figura 41. Identificación de los sectores de despliegue
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Topología de Diseño:

El despliegue de la red se realizó bajo la topología árbol partiendo desde la cabecera local desde se tiene acceso al CORE de transporte principal a nivel nacional de la empresa prestadora de servicio. Desde este punto de acceso a la red primaria de transporte se inicia la reingeniería de la red la red actual con modificaciones tanto en planta interna a nivel de cabecera, como planta externa de la red.

En la publicación de Características Generales de una Red de Fibra óptica al Hogar (FTTH) de Abreu, M.(2011), realiza la propuesta de una arquitectura compuesta por primer tramo inicial de fibra óptica denominada feeder, la cual parte desde la OLT y va conectada a una primera etapa de splitter de relación 1:4; A su salida se tiene un nuevo tramo de fibra (distribución), el cual conecta con una

segunda etapa de splitters para así darle acceso al cliente mediante acometida/cable drop. Esta segunda etapa de Splitter de relación 1:8 o 1:16, busca emular una taps de distribución de una red de cobre manteniendo un esquema de acometida muy parecida a esta última.

Por consiguiente, se realizó el rediseño de la red con topología árbol, con un primer nivel de división óptica de relación 1:4 y un segundo nivel de 1:16 / 1:8 con acometida individual para cada desarrollo habitacional. Ver Figura 42.

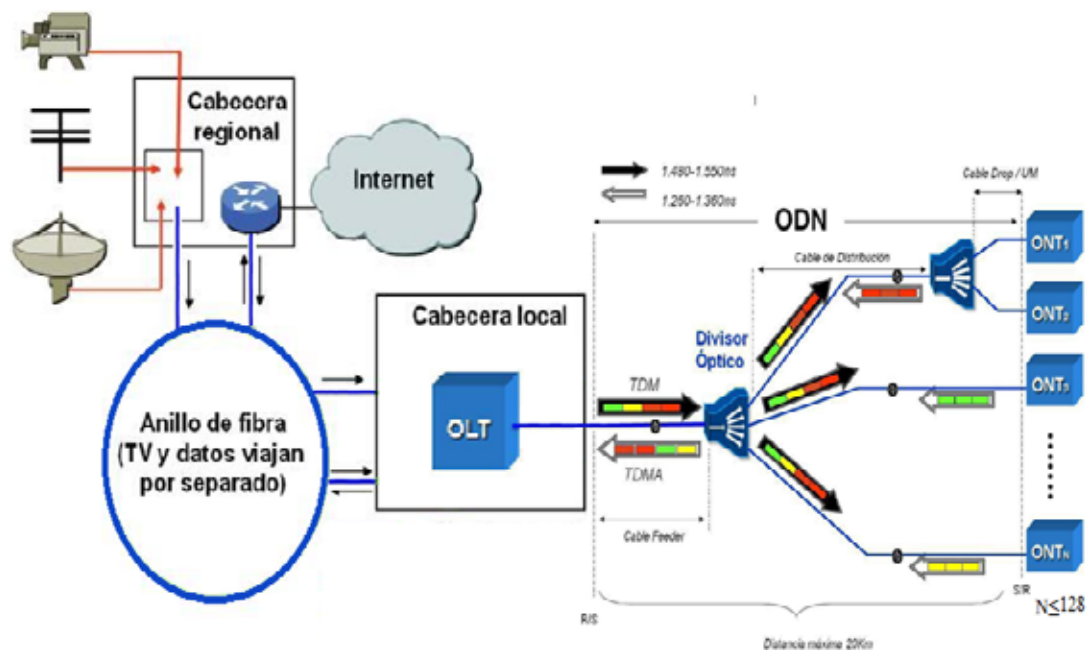


Figura 42. Topología de la red GPON propuesta
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Diseño de Planta Interna:

En la cabecera se encuentran los equipos encargados del manejo del contenido de video, datos y voz desde su recepción hasta entregar al usuario. Se planteó la instalación de nuevos equipos en la cabecera local de la empresa de telecomunicaciones INTER en su sede comercial ubicada en San Diego.

La incorporación del equipo terminal óptico (OLT), consiste en el hardware desde el cual parten las redes de fibra óptica hacia los usuarios, con la posibilidad de dar soporte y servicio a los de consumidores conectados a los puertos GPON. Una de

sus funciones más importantes que desempeña el OLT es de hacer las veces de enrutador para asegurar ofrecer los servicios demandados por el usuario.

El equipo recomendado a instalar corresponde a la marca Huawei. Su modelo MA5800 X-17 soporta la integración de servicios de banda ancha, voz sobre IP (VoIP) y televisión sobre IP (IPTV), gracias al sistema de acceso flexible la cual se adapta a las plataformas NGN, transportando los servicios y valores agregados de utilizando protocolo TCP-IP. Asimismo, se sugiere la instalación del equipo dentro del cuarto de operaciones designado por el operador, con el fin de entregar los canales de televisión correspondientes a la grilla para su procesamiento y entramado sobre IP, para su gestión y enrutamiento hacia el cliente.

Es importante mencionar, la ubicación del equipo OLT dentro del gabinete o rack compatible con el equipo en conjunto con la fuente de alimentación DC compatible con el equipo GPON, con el fin de suplir la demanda de consumo correspondiente al equipo.

Diseño de Planta Externa:

La planta externa en sistemas ópticos recibe el nombre de red óptica de distribución (ODN), contemplado todo tendido de fibra óptica en el exterior de la cabecera, ver Figura 42. El objetivo en este punto del proyecto se centró en el diseño de la ODN globalizando su desarrollo en cuatro puntos de trabajo:

I. Ubicación del nodo de acceso de red

Tal como fue expuesto el diseño de planta interna, se realizó las instalaciones de la OLT a nivel de cabecera local, ubicada en C.C. Big Low Center en la zona industrial Castillito de San Diego, desde donde parte el nuevo tendido aéreo de cableado de fibra compatible con los estándares acordados a lo expuesto en la Fase II del proyecto.



Figura 43. Ubicación Cabecera 10°11'11.4"N 67°57'43.5" W
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

II. Red de Alimentación

En este tramo de red de se recomienda utilizar fibra óptica monomodo bajo la normativa ITU-G652.D de longitud típica de 4km, compuesta de 24 hilos internos provenientes desde la cabecera ubicado en el parque industrial castillito, la cual concluye en la primera etapa de división óptica (D.O.) constituida por splitter de orden 1:4 resguardada dentro una unidad terminal óptica. Se realiza la selección de tres hilos de fibra (Tabla 16) proveniente del cable feeder, para dar servicio a cada sector de zonificación, de donde se desprende 4 nuevos hilos con capacidad de 16 usuarios cada uno, bajo normativa TIA/EIA-598.

| ITEM | Nro. Hilos | Hilo Seleccionado | Identificación Hilo /D.O. |
|----------|------------|---|---------------------------|
| Sector A | 1 | ■ Azul | SA.1 |
| Sector B | 1 | ■ Naranja | SA.2 |
| Sector C | 1 | ■ Verde | SA.3 |

Tabla 16. Asignación hilos de fibra óptica
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

La caja de terminal óptica donde se realiza el primer nivel de división óptica se ubicó en el sitio exacto donde estaba ubicado el antiguo nodo óptico de la red HFC, debido a la ventaja de resguardo que representa tener el equipo ubicado dentro del Parque municipal Metropolitano de San Diego y sigue la premisa de ubicar nodos de acceso en el centro de la zona de cobertura, demostrando así el potencial visto para futuras expansiones. Ver ANEXO C.

| Ubicación | Latitud | Longitud | Distancia |
|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Cabecera INTER. | 10°11'11.4"N | 67°57'43.5" W | 5,7Km |
| 1er Nivel DO | 0°13'34.1"N | 67°57'44.3" W | |

Tabla 17. Coordenadas puntos de interés

Fuente: <https://www.google.com/maps>

Tal como se observa en la Tabla 17, se identificó de forma individual a los hilos de fibra utilizado, así mismo la asignación de la misma marca de identificación para el divisor óptico correspondiente a los hilos seleccionados, resguardada dentro de una caja de empalme óptico aérea con el fin de preservar los empalmes de fusión de las condiciones climáticas adversas. Se tomó en consideración un agregado de 30m de F.O. los cuales corresponden la trayecto desde el cuarto de operaciones en la cabecera hasta el inicio del tendido aéreo de la planta externa, y un excedente de 20m de cable de fibra como resguardo en la entrada del primer nivel de división óptica, dando un total de fibra de resguardo 50m de cable.

Es importante recordar, la totalidad del despliegue realizado en tendido de fibra óptica corresponde al tendido de aéreo a la vista. Este tendido consiste en el despliegue de cableado a través de fachadas o postes, en lugar del cable enterrado. Este tipo de despliegues son más económicos que los conductos subterráneos (ya que no precisan realizar ninguna excavación), además son capaces de evadir obstáculos, lo que los dota de flexibilidad y una facilidad a la hora de la instalación.

III. Red de Distribución

Para este segundo tramo de fibra se utilizó fibra óptica monomodo bajo la normativa ITU-G652.D. Esta sección de cableado óptico inicia en la salida del primer nivel de división 1:4, conduciendo el enlace hasta el segundo nivel de división óptica de orden 1:16 y 1:8 (Ver Figura 45) ubicados en el poste de aluminio a una cota de 3.5m sobre el nivel de la acera. Ver Tabla 18.

| ITEM | Sector | Divisor Óptico | Distancia 1 ^{er} Nivel | Latitud | Longitud | Cajas terminal Óptica |
|--|--------|----------------|---------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| Divisor óptico 1^{er} Nivel | - | - | - | - | - | 1 |
| Sector A | DO A.1 | 1:8 | 500m | 10°13'26.6"N | 67°57'48.7"W | |
| | DO A.2 | 1:16 | 450m | 10°13'24.5"N | 67°57'48.4"W | 4 |
| | DO A.3 | 1:16 | 400m | 10°13'25.0"N | 67°57'46.4"W | |
| | DO A.4 | 1:16 | 300m | 10°13'25.5"N | 67°57'43.8"W | |
| Sector B | DO B.1 | 1:16 | 400m | 10°13'26.4"N | 67°57'47.0"W | |
| | DO B.2 | 1:16 | 450m | 10°13'26.9"N | 67°57'46.1"W | 3 |
| | DO B.3 | 1:16 | 550m | 10°13'27.3"N | 67°57'44.3"W | |
| Sector C | DO C.1 | 1:16 | 300m | 10°13'28.5"N | 67°57'47.9"W | |
| | DO C.2 | 1:16 | 150m | 10°13'29.4"N | 67°57'43.4"W | 3 |
| | DO C.3 | 1:16 | 260m | 10°13'25.8"N | 67°57'42.2"W | |
| | | | | | Total | 10 |

Tabla 18. Datos de la red de Distribución

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

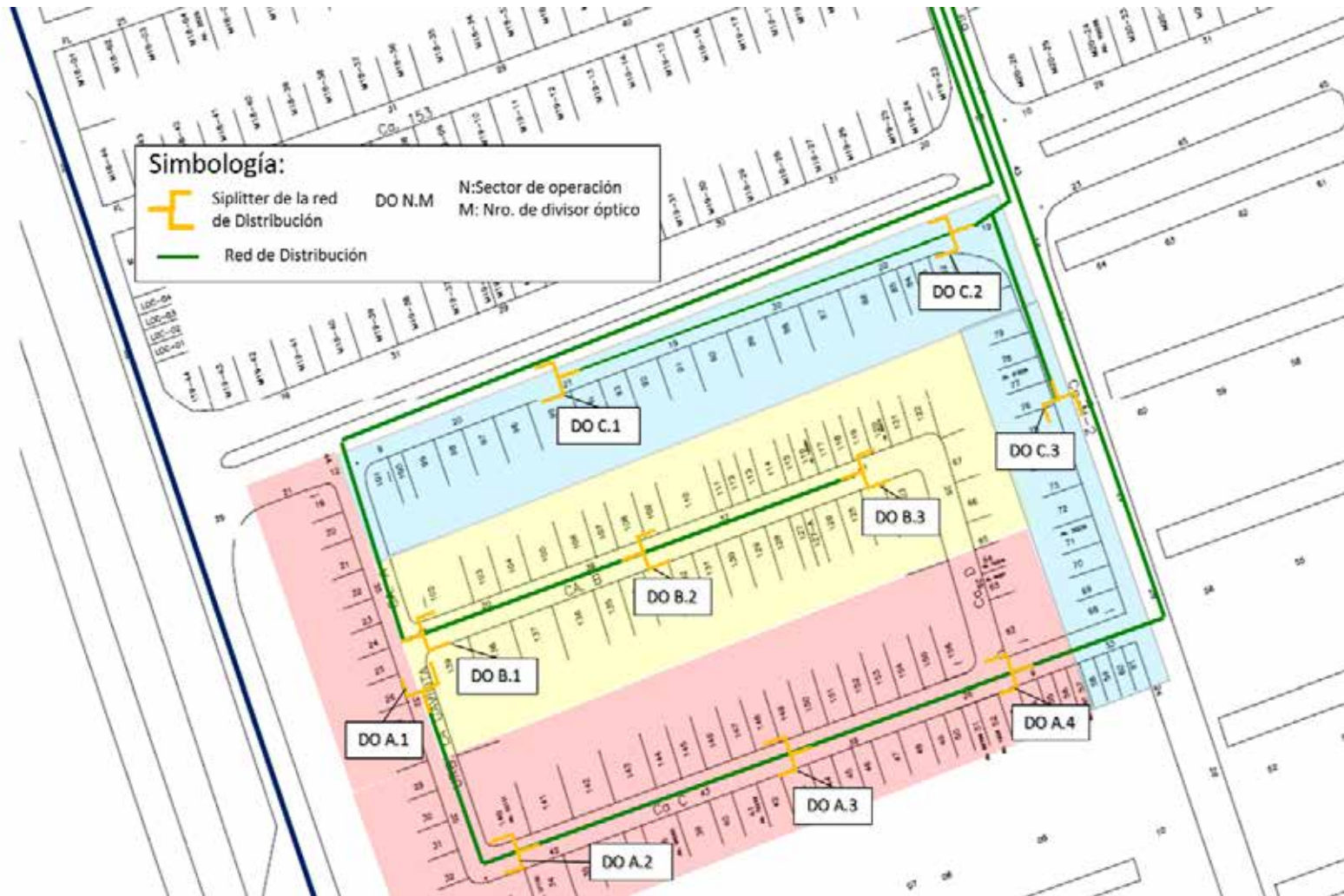


Figura 45. Ubicación divisores ópticos de segundo nivel
 Fuente: Bueno, Polanco (2020)

IV. Acometida del abonado

El último tramo de la red ODN corresponde a la acometida del abonado utilizando fibra óptica monomodo bajo la normativa ITU-G657.A, con características óptimas para las instalaciones hacia al abonado donde se necesita radios de curvatura reducidos, como por ejemplo radio mínimo de 10 mm, pero mantiene una compatibilidad con los lineamientos de la recomendación ITU-T G.652.D. Para cada abonado le corresponde la instalación de una roseta óptica dentro de los límites de la propiedad.

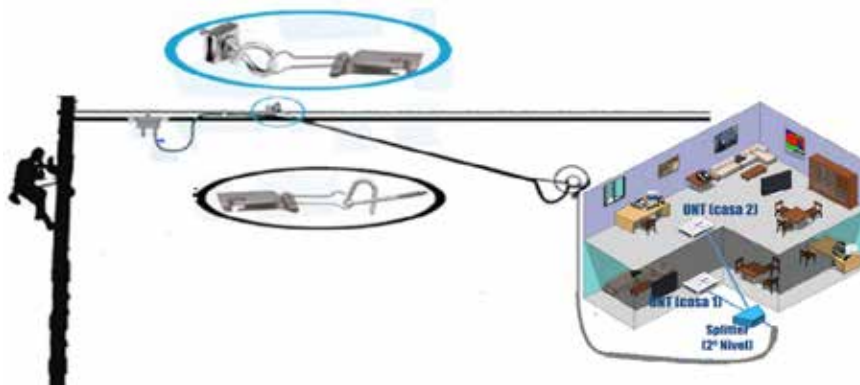


Figura 46. Esquema de acometida para el abonado

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En este último tramo de instalación, se realiza la instalación del cable de fibra bajada (drop) hasta la vivienda del abonado. Debido a que las residencias en estudio no poseen acceso mediante arquetas para servicios de telecomunicaciones, fue necesario mantener el esquema de instalación aéreo similar al de la antigua red de cobre HFC.

Una vez desplegado el cableado correspondiente al abonado se realizó la instalación de la roseta óptica en la fachada interna de la vivienda con el fin de aliviar las cargas de tensión mecánica ejercidas sobre el cableado de acometida. Desde allí se instaló una nueva sección de cableado de fibra hasta el interior de la vivienda, típicamente por fachada o por conductos de cableado telefónico hasta el punto designado por el usuario para la ubicación del equipo óptico terminal ONT.

Es importante mencionar cantidad de cableado de fibra destinado para el drop

de acometida al abonado corresponde a un máximo de 15m y de unos 5m para la separación roseta óptica – ONT.

En la Tabla 19 se muestra con mayor detenimiento la cantidad de abonados y de acometidas de reserva para cada nodo. En la Tabla 20, se especifica con mayor detalle la red de distribución y de acometida de cada uno de los nodos que componen la división sectorial de estudio.

| ITEM | Sector | Splitter | Abonados | Reserva |
|-----------------|--------|--------------|------------|-----------|
| Sector A | DO A.1 | 1:8 | 8 | 0 |
| | DO A.2 | 1:16 | 15 | 1 |
| | DO A.3 | 1:16 | 15 | 1 |
| | DO A.4 | 1:16 | 15 | 1 |
| Sector B | DO B.1 | 1:16 | 13 | 3 |
| | DO B.2 | 1:16 | 15 | 1 |
| | DO B.3 | 1:16 | 14 | 2 |
| Sector C | DO C.1 | 1:16 | 13 | 3 |
| | DO C.2 | 1:16 | 15 | 1 |
| | DO C.3 | 1:16 | 15 | 1 |
| | | Total | 138 | 14 |

Tabla 19. Datos de acceso al abonado
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

| ITEM | Divisor Óptico | Abonados | Roseta óptica/ONT |
|-----------------|----------------|-----------|-------------------|
| Sector A | DO A.1 | 8 | 8 |
| | DO A.2 | 15 | 15 |
| | DO A.3 | 15 | 15 |
| | DO A.4 | 15 | 15 |
| | Total: | 53 | 53 |
| Sector B | DO B.1 | 13 | 13 |
| | DO B.2 | 14 | 14 |
| | DO B.3 | 14 | 14 |
| | Total: | 41 | 41 |
| Sector C | DO C.1 | 14 | 14 |
| | DO C.2 | 15 | 15 |
| | DO C.3 | 15 | 15 |
| | Total: | 44 | 44 |

Tabla 20. Especificaciones de los Abonados por Sector
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

I. Nodo A:

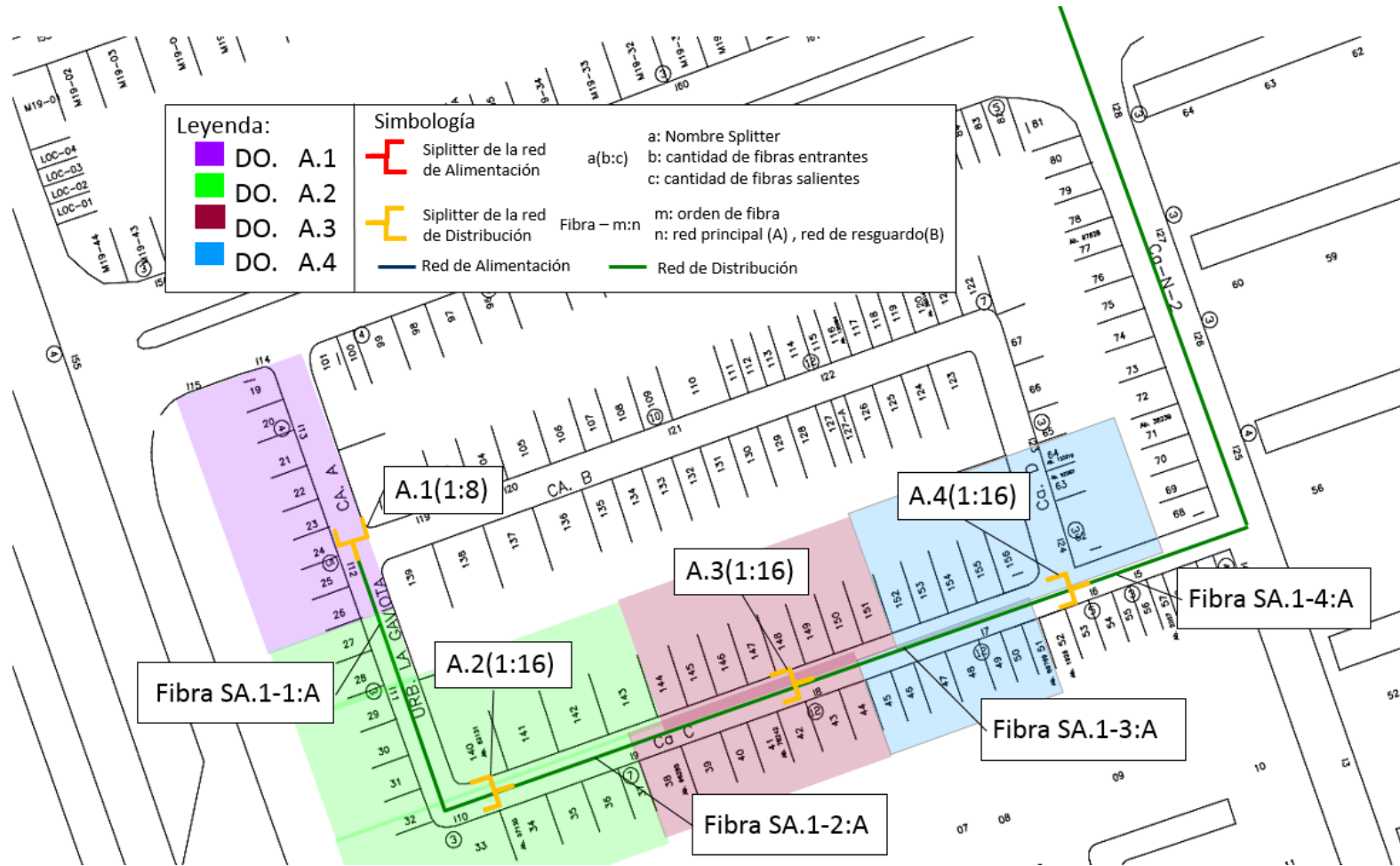


Figura 47. Identificación cable fibra y divisores ópticos – Sector A
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

II. Nodo B:

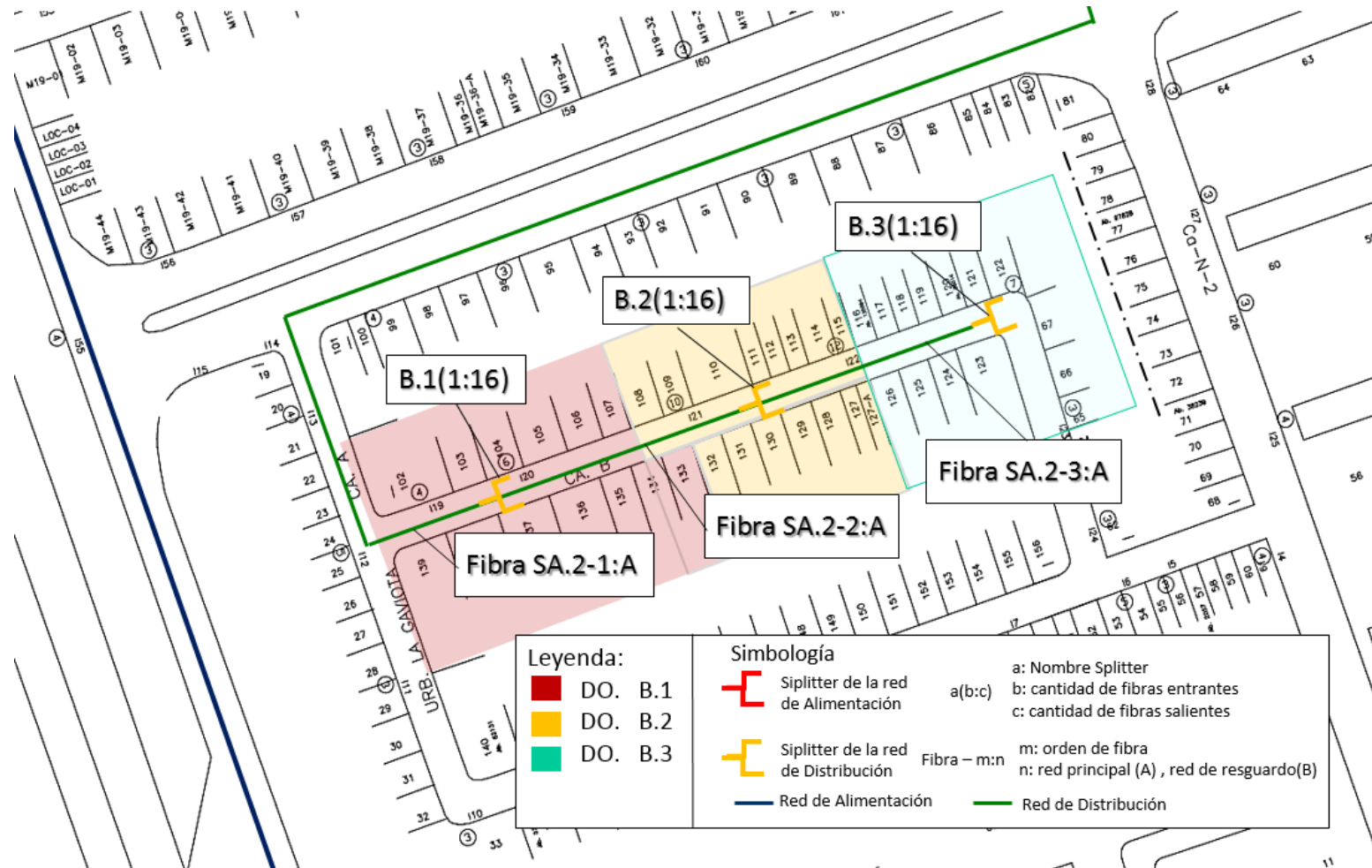


Figura 48. Identificación cable fibra y divisores ópticos – Sector B

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

III. Nodo C:

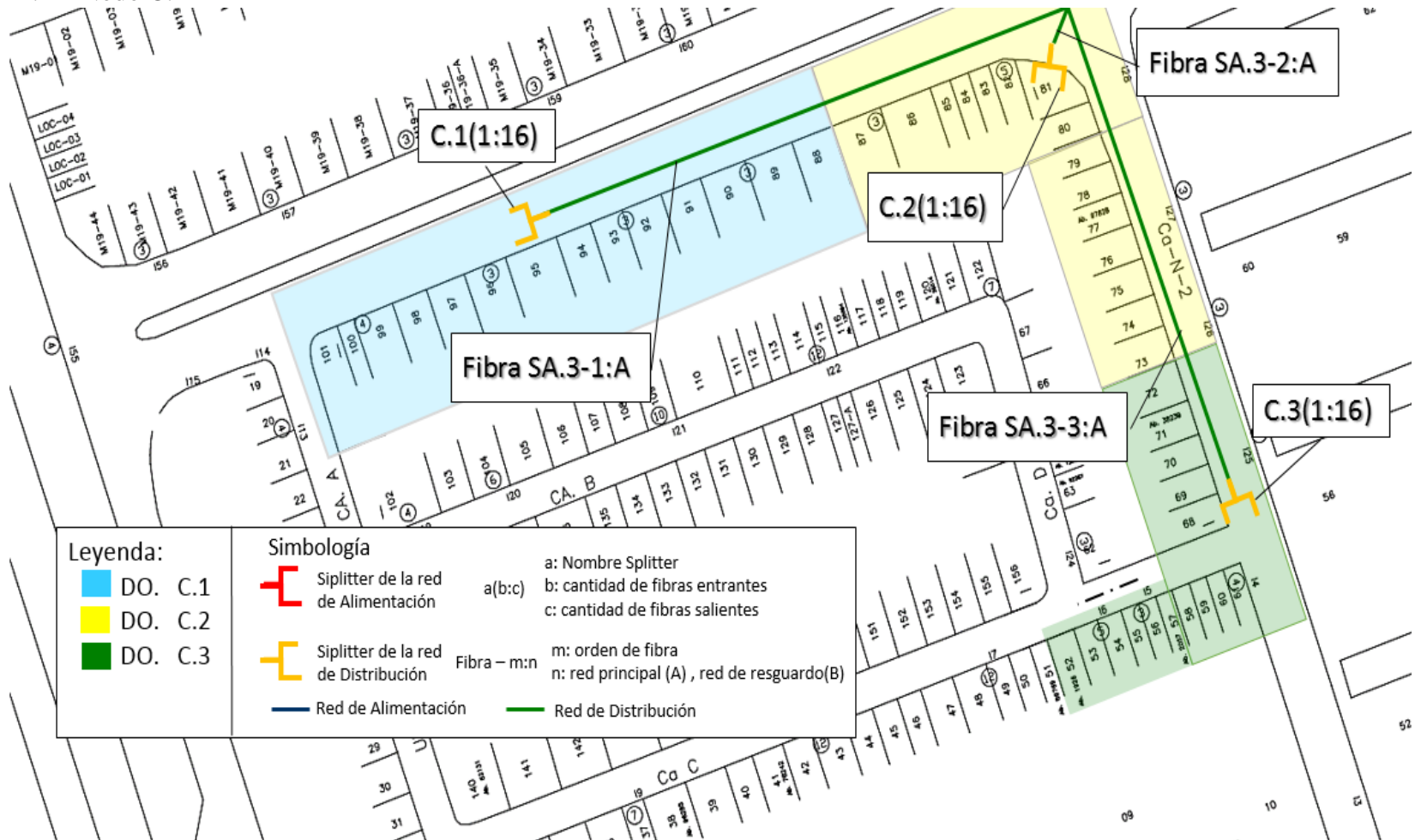


Figura 49. Identificación cable fibra y divisores ópticos – Sector C

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Manuales de Instalación

Al momento de ejecutar el rediseño planteado en la reingeniería basado en redes GPON, los autores Bueno, Polanco (2020) hacen la recomendación de utilizar la Guía de Instalación Técnica de Panel de Fusión propuesta empresa de tecnología CORNING (2014). Ver Anexo E.

Asimismo, se recomienda como marco de referencia al Manual Tendido de Cable de Fibra Óptica para la red de Telecomunicaciones del Departamento de Interior Anexo 2: Especificaciones Técnicas para la Instalación de Cable de Fibra Óptica (2012) planteada Viceconsejería de Administración y Servicios Dirección de Gestión Económica e Infraestructura adscrita al Departamento de Interior del País Vasco-España. Ver Anexo F.

4.3.2. Caracterización de Servicios

Ancho de banda para transmisión de servicios:

A continuación, se realizó el cálculo del ancho de banda del medio de comunicación designada para el servicio de IPTV correspondiente a cada usuario, con el fin de realizar una óptima distribución de la capacidad de trabajo del medio asegurando una velocidad de transmisión adecuada evitando retardos del contenido de transmisión óptico con respecto a cada abonado.

Primeramente, la capacidad máxima de ancho de banda de un puerto GPON típico es de 2,488 Gbps para la descarga y 1,244 Gbps para la carga, y adaptando la capacidad carga/descarga al diseño con una división óptica total de 1:64, obtenemos los siguientes resultados en la Tabla 21.

| Usuario | Ancho Banda Download (Mbps) | Ancho de Banda Upload (Mbps) |
|----------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 de 64 | 38.875 | 19,4375 |

Tabla 21. Asignación de ancho de banda por Usuario
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Se especifica de forma detallada los recursos demandando por el servicio de IPTV. Para esto se emplea el formato de video MPEG-2, considera tanto de

definición estándar (4Mbps) y alta definición (15Mbps), siendo este último el valor maximice consumo. Además, se considera un aproximado de 2Mbps/1Mbps para servicios de aplicaciones IPTV tales como telemarketing, notificaciones al usuario, mensajes del operador, entre otros.

| ITEM | Ancho Banda Download (Mbps) | Ancho de Banda Upload (Mbps) |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| IPTV | 15 | 7.5 |
| Aplicaciones IPTV | 2 | 1 |
| Total | 17 | 8.5 |

Tabla 22. Asignación Ancho de banda servicio IPTV

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

A partir de la tabla 22 se obtiene como resultado el consumo de ancho de banda total por servicios un usuario por puerto GPON, descrito en la Tabla 23.

| ITEM | Ancho de Banda Demanda (Mbps) | | Ancho de Banda Disponible (Mbps) | | Ancho de Banda Resguardo (Mbps) | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------|---|---------------|--|---------------|
| | Download | Upload | Download | Upload | Download | Upload |
| IPTV (User 1:64) | 17 | 8.5 | 38.875 | 19,4375 | 21.875 | 13.375 |

Tabla 23. Margen de ancho de banda para servicio IPTV

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Eventualmente, se proyectó la incorporación de servicios de telefonía (VoIP) y de acceso a la Internet con el objetivo de ofrecer paquetes triple play juega un papel fundamental en el desarrollo a largo plazo de la red. En general, los servicios de comunicación para VoIP se emplea bajo normativa códec G.729, con tasa de velocidad la carga y descarga es de 31.2 Kbps. Para servicios de conexión a internet es posible disponer de conexiones hasta un máximo de 20Mbps/10Mbps, por tal motivo se aseguran los márgenes desplegados a continuación en la Tabla 24.

| ITEM | Ancho Banda Download (Mbps) | Ancho de Banda Upload (Mbps) |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| IPTV | 17 | 8.5 |
| VoIP | 0.0312 | 0.0312 |
| Internet | 20 | 10 |
| Total | 37.0312 | 18.5312 |

Tabla 24. Asignación de ancho de banda para futuros servicio

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

4.3.3. Caracterización de Elementos de Red

Equipos tecnología GPON (Equipos en la cabecera)

A. Equipo Terminal de Línea Huawei SmartAX EA5800-X15

El equipo OLT integra la familia SmartAX EA5800 OLT de la empresa asiática Huawei, cuyo modelo SmartAX EA5800-X15 (Figura 50) fue el seleccionado. Posee una capacidad de 15 módulos de servicios (H901BPLB) donde cada módulo soporta 16 puertos GPON y división óptica máxima de 128 usuarios por puerto GPON.

El EA5800 distribuye el procesamiento del servicio en el tablero de control a cada tablero de servicio, mejorando la capacidad de conmutación y el rendimiento del sistema. Cada ranura puede soportar un rendimiento de hasta 100 Gbit/s y una capacidad de conmutación global de datos de 3.6 Tbit/s, lo que garantiza servicios sin interrupciones capacidad de conmutación.

El EA5800 admite el almacenamiento en caché distribuido para el cambio de canales y el inicio rápido de videos HD y admite tecnologías de acceso múltiple, como GPON, XG-PON, XGS-PON y P2P. Por lo tanto, es posible transportar múltiples servicios en una red óptica y ahorrar costos de construcción de la red. Ver Anexo G.



Figura 50. OLT Huawei SmartAX EA5800-X15

Fuente: <https://support.huawei.com/enterprise/en/access-network/smartax-ea5800-pid-22477398/documentation>

B. Gabinete Huawei N66E-22

El gabinete N66E-22 es un gabinete de pilar de pie medio IEC 600 mm de color gris-púrpura que consta de un bastidor (marco principal), una puerta frontal, un panel posterior fijado por tornillos y paneles laterales en los lados izquierdo y derecho.

La puerta del gabinete N66E-22 es extraíble y la parte superior del gabinete tiene el punto de conexión a tierra y Todos los gabinetes N66E-22 tienen el mismo tipo de llave para la puerta principal. Ver Anexo H.



| Parámetro | Especificación |
|---|--|
| Cumplimiento estándar | Armarío IEC (19 pulgadas) IEC 60297-3 |
| Peso (gabinete vacío) | 73 kg |
| Dimensiones (ancho x profundidad x altura) | 600 mm x 600 mm x 2200 mm |
| Dimensiones de instalación de la parte superior del gabinete | Interfaz de instalación Posiciones de orificio: 450 mm x 400 mm (ancho x profundidad) Especificaciones de la tuerca: seis tuercas M8 |
| Dimensiones de instalación de la parte inferior del gabinete | Interfaz de instalación Posiciones de orificio: 413 mm x 467 mm (ancho x profundidad) Especificaciones del perno: cuatro pernos de expansión M12 |
| Distancia entre agujeros de barra de montaje | 1 U = 44,45 mm |
| Espacio disponible | 46 U |
| Ancho de apertura de ángulo | 450 mm |
| Centros de fijación | 465 mm |
| Distancia entre la superficie de instalación de la barra de montaje y el lado interno de la puerta frontal del gabinete | 192 mm |

Figura 51. Gabinete y especificaciones técnicas Huawei N66E-22

Fuente: https://uonel.en.alibaba.com/product/6078136937704165838/Huawei_N66E_22_Cabinet.html

C. Fuente de Poder ETP48100-B1

ETP48100-B1-50A es un convertidor de alimentación de CA / CC de clase portadora, convierte la alimentación de CA de 220 V / 110 V a una alimentación de CC de -48 V, salida MAX 50A. ETP48100-B1-50A tiene 4 salidas, cada salida MAX 25A; Si está equipado con dos R850G2, la salida total puede ser de 100A.

Esta fuente de alimentación se suministra con un módulo rectificador R4850G2 de fuente de alimentación que proporciona una salida de 53.5V / 50A, un módulo de monitoreo PMU 11A y una ranura libre para instalar otro módulo y alimentar hasta 100A. Ver Anexo I.



Figura 52. Fuente de Alimentación ETP48100-B1-50A

Fuente: https://www.anvimur.com/gb/optical-fibre/891-olt-power-supply-535v-50a.html?search_query=OLT

Cableado Fibra Óptica

Se procede a describir la variedad de fibra óptica a utilizar en la reingeniería del sistema; dichas variedades están sub-categorizadas bajo las normativas ITU-G.652 y la ITU-G.657 cumpliendo con las longitudes de onda correspondientes a la tecnología GPON cuyos atributos facilitan el proceso de instalación. Ver Tabla 25.

| Recomendación | Sub-Categoría | Tramo Instalación | Atributos |
|------------------|---------------|-----------------------------|--|
| ITU-G.652 | D | Alimentación y Distribución | Para todas las aplicaciones, principalmente de planta externa gracias a su rigidez. |
| ITU-G.657 | A | Acometida Usuario | Con un excelente desempeño de doblamiento y los requerimientos técnicos de tamaño geométrico, ofrecen un desempeño más preciso |

Tabla 25. Normativas ITU para cable de fibra óptica Monomodo

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Bajo la recomendación ITU-G.652.D, se seleccionó la fibra óptica de la empresa coreana LS Cable & System Ltd. El cableado de fibra figura-8 cuenta con una cubierta de polietileno negro de alta densidad (HDPE), con capacidad de 1-24 hilo(s) de fibra monomodo Relleno de gel blanco de baja densidad con diámetro de Nom. 2.2 / 3.0mm (interior / exterior), permitiendo soportar las condiciones climáticas más adversas ideal para exteriores. La longitud estándar es de 4,000m disponible en carretes de madera. Ver Anexo J.



Figura 53. Cable Fibra Óptica Monomodo LS Cable & System Ltd

Fuente: <http://fascoinfrasistema.com.mx/productos/item/2-Cable-Figura-8>

Asimismo, bajo la recomendación ITU-G.657.A, la empresa LS Cable & System Ltd. Es un cable óptico de ambiente interno/externo para instalación autoportada, construcción compacta, con 1 hilo de fibra monomodo BLI, con revestimiento externo en color negro y cumplen con las características de la normativa LSZH diseñado para la instalación aérea entre postes, evitando la necesidad de cables guía. Ver Anexo K.

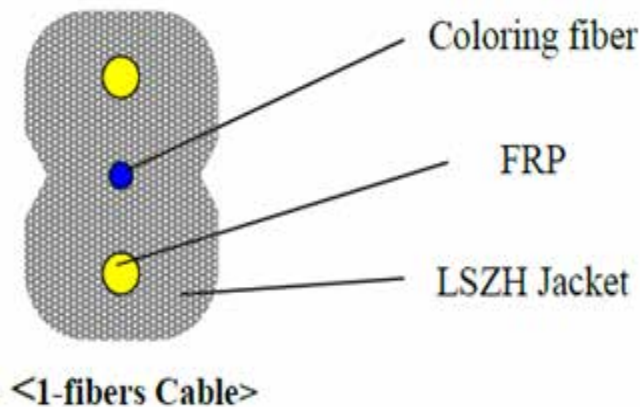


Figura 54. Cable Fibra Óptica Monomodo LS Cable & System

Fuente: <http://fascoinfrasistema.com.mx/productos/item/2-Cable-Figura-8>

Extensores de Fibra Óptica

Nuevamente, de la empresa Furukawa Electric, se seleccionó el Patch Cord

Óptico para las terminaciones del cable de fibra óptica. Este extensor o Pig-tale, es un cable óptico monofibra o dúplex del tipo tight buffer con conectores ópticos en un extremo y acopladores de 1,5m de longitud. Altamente recomendado para utilización en ambientes internos para terminación de cables ópticos dentro de los distribuidores ópticos, en los sistemas de bajas pérdidas y alta banda pasante, como sistemas de longa distancia, redes principales, distribución y transmisión de datos y vídeo. Supera los requisitos de desempeño del estándar EIA/TIA-568-C.3. Ver Anexo L.

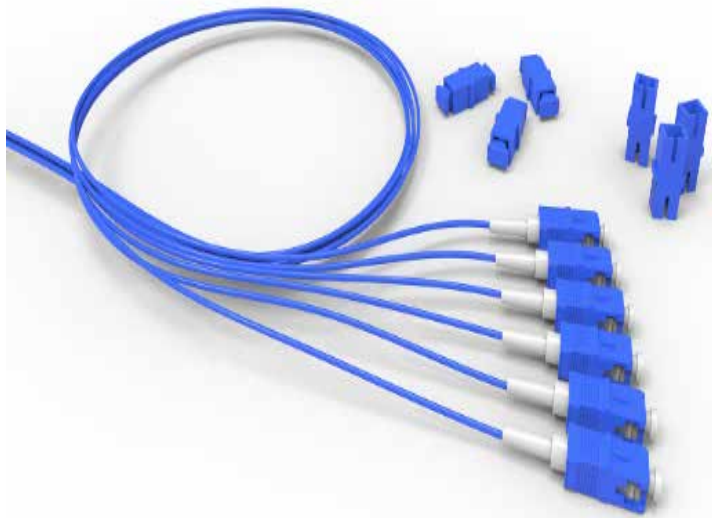


Figura 55. Extensor Fibra Óptica Furukawa Electric

Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/extension-optica-conectorizada>

Divisores Ópticos

Para la división óptica tanto de primer como de segundo nivel de división se seleccionó la presentación PLC 1X16 BLI A/B G-657A-B NC/SC-APC 1.5D0.9/0.6D0.9 ofrecida por la empresa Furukawa Electric Group, con posibilidad de división de señales ópticas en la red PON con relación 1 entrada – 8 salidas para el primer nivel de división y relación 1 entrada - 16 salidas para el segundo nivel.

Fabricado con tecnología de semiconductores (plc) con posibilidad de pre-conectorización SC-APC a la salida o entra/salida, compatible con características de fibra monomodo BLI g.657A-B. Posee entrada sin conector 1.5m d0.9mm y salida sc/apc 0.6m d0.9mm. Ver Anexo M.



Figura 56. Divisor Óptico PLC 1X16 BLI A/B G-657A-B NC/SC-APC

Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/divisor-optico-1xn-equilibrado>

Conector de Fibra Monomodo SC-APC EZ d0.9

Los conectores ópticos seleccionados pertenecen al catálogo de la empresa asiática Furukawa Electric Group. El conector óptico de campo d0.9 Furukawa fue desarrollado para la conexión rápida de fibras monomodo de diámetro 0,9mm. Disponible en el tipo de conector sc con pulido apc. Utilizado para hacer conectorizaciones en campo de fibra ópticas, en redes FTTX y laserway. Diseñado para aplicación interna para completar las soluciones eflux FTTX y aplicaciones de laserway. Instalación sencilla - no requiere herramientas especiales, tampoco requiere uso de epoxi ni pulido en campo; alta desempeño óptico y mecánico. Ver Anexo N.

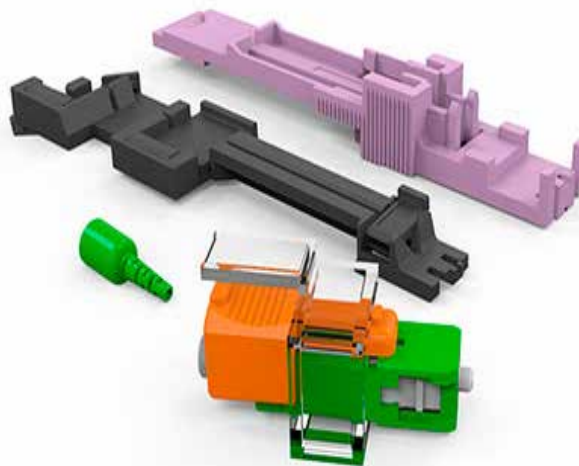


Figura 57. Conector de Campo Fibra Monomodo SC-APC EZ d0.9

Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/=a0A6100001M9VwZ>

Caja de terminación óptica CTO Pre-Conectorizada FK-CTOP-16P (MB SLIM)

Las cajas de terminación ópticas seleccionadas pertenecen al catálogo de la empresa asiática Furukawa Electric Group. Las cajas de terminación preconectorizadas permiten recibir los cables ópticos de la red de distribución y ser el punto de interconexión entre esta red y la de acceso. La conexión y desconexión de los drops se realiza sin afectar los circuitos ópticos de los drops adyacentes, permitiendo la instalación de hasta 16 adaptadores reforzados externos SlimConnector. Cada puerta se identifica en la parte exterior de la caja. Ver Anexo O.



Figura 58. Caja Terminal Óptica FK-CTOP-16P (MB SLIM)

Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/caja-de-terminacion-optica-cto-pre-conectorizada-fk-ctop>

Caja de Empalme óptico FK-CEO-3T-36F

La caja de empalme óptico seleccionado pertenece al catálogo de la empresa asiática Furukawa Electric Group. La caja de empalme óptico FK-CEO-3T-36F, es utilizado para proteger y acomodar los empalmes ópticos para la transición entre cables de fibra óptica. Aplicables en vías aéreas con capacidad para hasta 36 fibras, con almacenamiento de bandeja interna con capacidad de hasta 12 empalmes ópticos cada una, haciendo posible hacer fusión y terminación. Posee configuración tipo "topo" y sistema de sellado termocontráctil. Ver Anexo P.



Figura 59. Caja de Empalme óptico FK-CEO-3T-36F

Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/caja-de-empalme-optico---fk-ceo-3t-36f>

Roseta Óptica MEXFOSERV FTB-08

La roseta seleccionada es la Punto terminal de red óptica FTB-08 de la línea MEXFOSERV presentada por la empresa mexicana XXX. Es una caja óptica de empalme de instalación la caja es compacta y ligera, especialmente creada para la conexión, distribución y protección de cables de fibra óptica en aplicaciones FTTH para servicios hasta la casa. Posee con capacidad máxima de 8 acopladores, compatible con acopladores SC y LC, y bajo normativa con IP65. Ver Anexo Q.

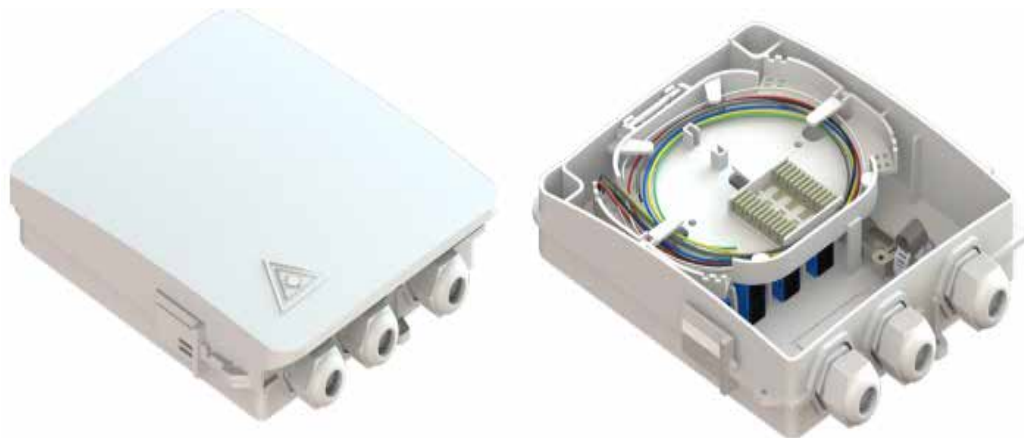


Figura 60. Roseta óptica terminal FTB-08-SCA-A-S

Fuente: <https://fibrasopticasdemexico.com/tienda/caja-terminal-optica-con-8-acopladores/>

Terminal Óptica de Red Huawei HG8240H ONT

La ONT seleccionada corresponde al fabricante Huawei Technologies CO. La ONT El Echo Life HG8240H G / E PONG, un terminal de red óptica (ONT), es una puerta de enlace doméstica de alta gama en la solución FTTH. Al utilizar la tecnología G / E PON, se proporciona acceso de banda ultra ancha para usuarios domésticos y SOHO. El HG8240H proporciona 2 puertos POTS, puertos Ethernet 4GE, con capacidades de reenvío de alto rendimiento para garantizar una excelente experiencia con los servicios de VoIP, Internet e IPTV. Ver Anexo J.



Figura 61. Terminal Óptica de Red Huawei HG8240H ONT

Fuente: <https://support.huawei.com/enterprise/en/access-network/echolife-hg8240h-pid-8952145>

4.3.4. Análisis y Comprobación de Diseño

Con el fin de comprobar la factibilidad técnica del diseño planteado es necesario realizar el presupuesto óptico y asegurar el nivel de potencia que reciba cada acometida de usuario esté dentro del rango umbral del equipo receptor. Los valores representados a continuación en la Tabla 26, corresponden a información suministrada por datasheet propio de cada elemento de la red dados proporcionado por el fabricante, cumpliendo con los parámetros de redes GPON establecido por la normativa ITU-984 para la familia de redes de clasificación B+.

Valores Nominales de Fabrica:

A. Umbrales de Trabajo

| ITEM | OLT (dBm) | ONT (dBm) |
|--|-----------|-----------|
| Potencia Media Min. Transmisión | 1.5 | 0.5 |
| Potencia media Max. Transmisión | 5 | 5 |
| Sensibilidad Min. | -28 | -27 |
| Sobrecarga Max. | -8 | -8 |
| Sensibilidad mínima de la señal de RF en ventana (1550nm) | N/A | -8 |
| Sobrecarga máxima de la señal de RF en ventana (1550nm) | N/A | -2 |

Tabla 26. Especificaciones de fábrica equipos OLT y ONT

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

B. Atenuación de Elementos de red

Las atenuaciones de los elementos de red tales como divisores ópticos, empalmes por fusión y conectorización dependen de la cantidad de elementos utilizados a lo largo de la red por ende, se define en la Tabla 27.

| ITEM | Perdidas (dB) |
|---------------------------------------|---------------|
| Divisor Óptico 1:4 | 7,1 |
| Divisor Óptico 1:8 | 10,5 |
| Divisor Óptico 1:16 | 13,7 |
| Extensores ópticos (Pig-Tales) | 0,3 |
| Empales Fibra Óptica (Fusión) | 0.1 |
| Conectorización | 0.5 |
| Caja Terminación Óptica | N/A |
| Roseta Óptica | N/A |
| Equipo Terminal Óptico | N/A |

Tabla 27. Especificaciones de fábrica elementos de red

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

C. Atenuación Fibra Óptica

Los valores definidos en la siguiente tabla 28, corresponden a la pérdida del nivel de potencia correspondiente al haz de luz durante la propagación en la fibra. Dichos valores corresponden a las especificaciones de fábrica del proveedor.

| | Perdidas dB/km) | | |
|---|-----------------|----------------|----------------|
| | Ventana 1310nm | Ventana 1383nm | Ventana 1550nm |
| Cable Fibra Óptica (Feeder) | 0.36 | 0.35 | 0.22 |
| Cable Fibra Óptica (Acometida/Dist. Interna) | 0.36 | 0.40 | 0.25 |

Tabla 28. Especificaciones de fábrica de Cable de fibra en uso

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Presupuesto Global de Potencia

Tal como se observa en la Figura 62, el diseño planteado se extendió desde la cabecera local donde se encuentra la OLT encargada de gestionar la transmisión/recepción de la red GPON hasta el terminal óptico de red OLT, es posible identificar cada uno de los elementos de red así como las conexiones realizadas en la fibra óptica.

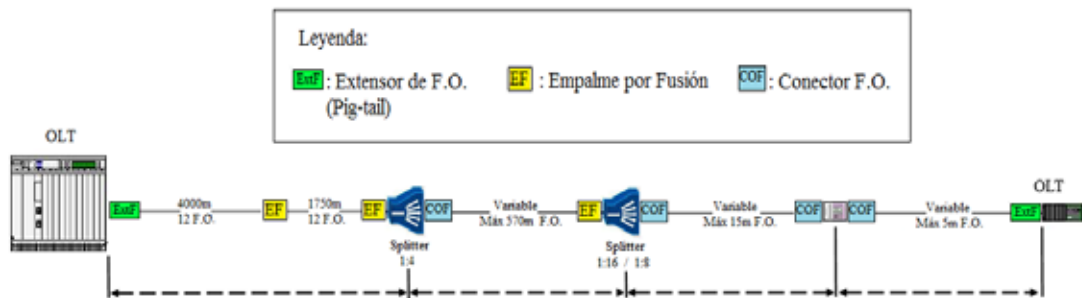


Figura 62. Diagrama unifilar de la red GPON propuesta

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Finalmente, el cálculo de la pérdida del sistema se rige bajo las siguientes expresiones matemáticas:

A su vez, las pérdidas en el sistema se definieron como:

: Corresponde al margen de guarda para asegurar la integridad del enlace ante condiciones crítica de operación. Este margen está dentro

del rango de 5dB hasta un máximo de 10dB. Se debe asegurar no sobrepasar el rango con el fin de evitar una saturación en el equipo receptor del abonado (ONT).

En donde:

- : Pérdida relacionada con tramos de fibra óptica.
- : Perdida relacionada con la división óptica de la señal.
- : Perdida relacionada con los empalmes de fusión en la red.
- : Perdida relacionada con los conectores SC-APUC en la red.
- : Perdida relacionada con los extensores (pig-tail) en la red.

Debido a las características individuales que posee cada uno de los 3 sectores de estudio, se planteó el cálculo del presupuesto para cada sector:

Sector A (53 Abonados)

Para el cálculo de las pérdidas por fibra, se tomó en consideración el resguardo de cableado de fibra óptica con un total de 50m correspondiente al tramo de alimentación de la red y se evaluó (Tabla 29) para efectos de cálculo la atenuación para Ventana 1550nm. Además, se seleccionó la distancia máx. de la red de distribución correspondiente al divisor óptico SA.1 disponible en la Tabla 18.

| ITEM | Distancia Máx. (km) | Atenuación (dB/Km) | Total (dB) |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| OLT-Divisor O. 1 | 5.75 | 0.22 | 1.26500 |
| Divisor O. 1 – Divisor O. 2 | 0.50 | 0.22 | 0.11000 |
| Divisor O. 2 - Acometida | 0.015 | 0.25 | 0.00375 |
| Acometida / dis. Interna | 0.005 | 0.25 | 0.00125 |
| | | Total | 1.38 |

Tabla 29. Cálculo de Pérdidas F.O.- Sector A

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

De lo planteado en la Tabla 19 para el sector A se consideran dos tipos de Splitter en el segundo nivel de división óptica.

I. Segundo nivel División Óptica con relación 1:8

| ITEM | Perdidas (dB) | Unidades | Total (dB) |
|---------------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| Divisor Óptico 1:4 | 7.1 | 1 | 7.1 |
| Divisor Óptico 1:8 | 10.5 | 1 | 10.5 |
| Extensores ópticos (Pig-tales) | 0.3 | 2 | 0.6 |
| Empales Fibra Óptica (Fusión) | 0.1 | 4 | 0.4 |
| Conectores | 0.5 | 4 | 2 |
| | | Total | 20.6 |

Tabla 30. Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector A.1
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Seguido, se calcula la potencia en el receptor (ONT del abonado) utilizando una la potencia promedio de transmisión 3.25dBm de la OLT.

| ITEM | | | | Total (dBm) |
|-----------------|------|------|------|-------------|
| Sector A | 3.25 | 1.38 | 20.6 | -18.73 |

Tabla 31. Cálculo de Pérdidas Global - Sector A.1
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Finalmente, se compara con las exigencias del diseño

| Umbral min. Recepción (dBm) | Potencia receptor (dBm) | Potencia Diferencial (dB) |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| -27 | -18.73 | -8.27 |

Tabla 32. Comprobación margen de resguardo -Sector A.1
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En base a lo observado en la Tabla 32 se comprobó el cumplimiento del margen de resguardo necesario, tomando referencias de las tablas anteriores (Tabla 30 y 31) para asegurar la operatividad del enlace en condiciones extremas y sin sobrepasar la potencia de sobrecarga máxima y superando el umbral mínimo del receptor (ONT).

II. Segundo nivel División Óptica con relación 1:16

| ITEM | Perdidas (dB) | Unidades | Total (dB) |
|---------------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| Divisor Óptico 1:4 | 7.1 | 1 | 7.1 |
| Divisor Óptico 1:16 | 13.7 | 1 | 13.7 |
| Extensores ópticos (Pig-tales) | 0.3 | 2 | 0.6 |
| Empales Fibra Óptica (Fusión) | 0.1 | 4 | 0.4 |
| Conectores | 0.5 | 4 | 2 |
| | | Total | 23.8 |

Tabla 33. Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector A.2
Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Seguido, se calcula la potencia en el receptor (ONT del abonado) utilizando una la potencia promedio de trasmisión 3.25dBm de la OLT.

| ITEM | | | | TOTAL |
|-----------------|------|------|------|--------|
| | | | | (dBm) |
| SECTOR A | 3.25 | 1.38 | 23.8 | -21.93 |

Tabla 34. Cálculo de Pérdidas Global - Sector A.2

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Finalmente, se compara con las exigencias del diseño

| Umbral Min. Recepción (dBm) | Potencia Receptor (dBm) | Potencia Diferencial (dB) |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -27 | -21.93 | -6.07 |

Tabla 35. Comprobación margen de resguardo - Sector A.2

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En base a lo observado en la Tabla 35, se comprobó el cumplimiento del margen de resguardo necesario, tomando referencias de las tablas anteriores (Tabla 33 y 34) para asegurar la operatividad del enlace en condiciones extremas y sin sobrepasar la potencia de sobrecarga máxima y superando el umbral mínimo del receptor (ONT).

Sector B (42 Abonados)

Para el cálculo de las perdidas por fibra, se tomó en consideración el resguardo de cableado de fibra óptica con un total de 50m correspondiente al tramo de alimentación de la red y se evaluó para efectos de cálculo la atenuación para Ventana 1550nm. Además, se seleccionó la distancia máx. de la red de distribución correspondiente al divisor óptico SA.2 disponible en Tabla 18.

| ITEM | Distancia Máx. (km) | Atenuación (dB/Km) | Total (dB) |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| OLT- Divisor O. 1 | 5.75 | 0.22 | 1.26500 |
| Divisor O. 1 – Divisor O. 2 | 0.55 | 0.22 | 0.12100 |
| Divisor O. 2 - Acometida | 0.015 | 0.25 | 0.00375 |
| Acometida-dis. Interna | 0.005 | 0.25 | 0.00125 |
| | | Total | 1.39 |

Tabla 36. Cálculo de Pérdidas F.O.- Sector B

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

| ITEM | Perdidas (dB) | Unidades | Total (dB) |
|---------------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| Divisor Óptico 1:4 | 7.1 | 1 | 7.1 |
| Divisor Óptico 1:16 | 13.7 | 1 | 13.7 |
| Extensores ópticos (Pig-tales) | 0.3 | 2 | 0.6 |
| Empales Ópticos (Fusión) | 0.1 | 4 | 0.4 |
| Conectores | 0.5 | 4 | 2 |
| | | Total | 23.8 |

Tabla 37. Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector B

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Seguido, se calcula la potencia en el receptor (ONT del abonado) utilizando una la potencia promedio de trasmisión 3.25dBm de la OLT.

| ITEM | | | | Total (dBm) |
|-----------------|------|------|------|-------------|
| Sector A | 3.25 | 1.39 | 23.8 | -21.94 |

Tabla 38. Cálculo de Pérdidas Global - Sector B

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Finalmente, se compara con las exigencias del diseño

| Umbral min. Recepción (dBm) | Potencia receptor (dBm) | Potencia Diferencial (dB) |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| -27 | -21.94 | -5.06 |

Tabla 39. Comprobación margen de resguardo - Sector B

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En base a lo observado en la Tabla 39, se comprobó el cumplimiento del margen de resguardo necesario, tomando referencias de las tablas anteriores (Tabla 37 y 38) para asegurar la operatividad del enlace en condiciones extremas y sin sobrepasar la potencia de sobrecarga máxima y superando el umbral mínimo del receptor (ONT).

Sector C (43 Abonados)

Para el cálculo de las pérdidas por fibra, se tomó en consideración el resguardo de cableado de fibra óptica con un total de 50m correspondiente al tramo de alimentación de la red y se evaluó para efectos de cálculo la atenuación para Ventana 1550nm. Además, se seleccionó la distancia máx. de la red de distribución correspondiente al divisor óptico SA.3 disponible en la Tabla 18.

| ITEM | Distancia Máx. (km) | Atenuación (dB/Km) | Total (dB) |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------|
| OLT- Divisor O. 1 | 5.75 | 0.22 | 1.26500 |
| Divisor O. 1 – Divisor O. 2 | 0.30 | 0.22 | 0.06600 |
| Divisor O. 2 - Acometida | 0.015 | 0.25 | 0.00375 |
| Acometida-dis. Interna | 0.005 | 0.25 | 0.00125 |
| | | Total | 1.33 |

Tabla 40. Cálculo de Pérdidas F.O.- Sector C

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

| ITEM | Pérdidas (dB) | Unidades | Total (dB) |
|---------------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| Divisor Óptico 1:4 | 7.1 | 1 | 7.1 |
| Divisor Óptico 1:16 | 13.7 | 1 | 13.7 |
| Extensores ópticos (Pig-tales) | 0.3 | 2 | 0.6 |
| Empales Fibra Óptica (Fusión) | 0.1 | 4 | 0.4 |
| Conectores | 0.5 | 4 | 2 |
| | | Total | 23.8 |

Tabla 41. Cálculo de Pérdidas de Elementos - Sector C.

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Seguido, se calcula la potencia en el receptor (ONT del abonado) utilizando una la potencia promedio de transmisión 3.25dBm de la OLT.

| ITEM | | | | Total (dBm) |
|-----------------|------|------|------|----------------|
| Sector A | 3.25 | 1.33 | 23.8 | -21.88 |

Tabla 42. Cálculo de Pérdidas Global - Sector C.

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

Finalmente, se compara con las exigencias del diseño

| Umbral min. Recepción (dBm) | Potencia receptor (dBm) | Potencia Diferencial (dB) |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -27 | -21.88 | -5.12 |

Tabla 43. Comprobación margen de resguardo - Sector C.

Fuente: Bueno, Polanco (2020)

En base a lo observado en la Tabla 43, se comprobó el cumplimiento del margen de resguardo necesario, tomando referencias de las tablas anteriores (Tabla 41 y 42) para asegurar la operatividad del enlace en condiciones extremas y sin sobrepasar la potencia de sobrecarga máxima y superando el umbral mínimo del receptor (ONT).

Se comprueba mediante las tablas anteriores que el diseño estaría en el margen de un sistema con mejoras, todos los resultados están dentro de las expectativas requeridas para un sistema que proporciona un criterio amplio en busca de optimizar los recursos como elementos pasivos. La proyección del nuevo diseño tiene como finalidad el beneficio tanto del proveedor de servicios como el cliente, por lo que se continúa con un estudio de factibilidad para obtener indicadores de rentabilidad en el proyecto planteado.

4.4. Estudio de factibilidad técnica, económica, social y ambiental

4.4.1. Ámbito Técnico

Conviene subrayar, en la caja terminal óptica ubicado en el Parque Metropolitano del municipio San Diego, desde donde se gestiona el primer nivel de división (1:4) es la terminación de buffer de alimentación de 24 hilos de fibra, de donde solo se ocupan 3 de 24 hilos en el diseño, dejando 21 hilos disponible para la escalar el diseño y expandir lo usuario conectados superando la capacidad inicial del nodo SDG40D.

A su vez, cada hilo usado del cable feeder es responsable de dar servicio a los sectores del área de estudio, donde dependiendo el caso, utiliza totalmente la división óptica del orden 1:4 (Sector A utiliza 4:4, Sector B utiliza 3:4, Sector C utiliza 3:4).

Finalmente, al ubicarse en el segundo nivel de división óptica (1:16 / 1:8) son las encargadas de generar la acometida directo al usuario. Lo planteado en la tabla 19 presentada en la Fase III de los resultados, se detalla las salidas de acometida sin utilizar. Vale destacar que se mantiene puntos de acceso en reserva para nuevas acometidas dado que sin importar que en el sector no disponga espacio para nuevas edificaciones, se espera posible expansiones de viviendas existentes dado el auge de residencias dormitorio y anexos independientes.

4.4.2. Ámbito Económico

En el estudio del mercado realizado, se identifica que distintos estratos socioeconómico están dispuestos en adoptar nuevas tecnologías tanto para recibir un mejor servicio así como velocidades de transmisión que logren satisfacer sus necesidades, esto lleva al proveedor de servicios buscar alternativas que permitan ofrecer a sus respectivos clientes mejora en la calidad de sus servicios. Para incentivar el interés en la nueva generación de redes sobre los suscriptores, se sugiere organizar una campaña de información que permita resaltar las ventajas, costos, beneficios, garantías y seguridad que presta esta nueva tecnología al implementarla.

En el zona de cobertura del diseño, existen alrededor de 138 clientes potenciales como mínimo (actualmente cuentan con la suscripción de servicio de Tv por cable) que pueden captarse según el servicio que se ofrezca.

Los datos de la tabla 18, 19 y 20 muestran con exactitud los abonados por sector para un total de 138 clientes, lo que supone la misma cantidad de rosetas ópticas, ONT y conectores para la conexión final a la acometida. Tal como especifica en la tabla 35, en el segundo nivel de división óptica se contempla divisores ópticos, extensores de fibras, empalmes y conectores. Conforme al análisis realizado para el diseño de la nueva arquitectura, se presentan costos de implementación en la tabla 44.

| Cantidad | Elemento | Costo | Total |
|---------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|
| Cabecera | | | |
| 1 | OLT MA5800 X-17 | 27.000\$ | 27.000\$ |
| 1 | Gabinete | 5.000\$ | 5.000\$ |
| 1 | Carrete de fibra Cabecera 4Km | 10.000\$ | 10.000\$ |
| 1 | Fuente de poder OLT | 500\$ | 500\$ |
| 1 | Caja de empalme | 700\$ | 700\$ |
| 1 | Extensores ópticos (Pig-tales) | 1\$ | 1\$ |
| 1er Nivel | | | |
| 1 | Extensores ópticos (Pig-tales) | 1\$ | 1\$ |
| 1 | Divisor Óptico (1:4) | 200\$ | 200\$ |
| 4 | Conectores | 2\$ | 8\$ |
| 1 | Carrete de fibra FTTH 4Km | 10.000\$ | 10.000\$ |
| 2do Nivel | | | |
| 1 | Divisor Óptico (1:16) | 100\$ | 100\$ |
| 16 | Conectores | 2\$ | 32\$ |
| Distribución | | | |
| 1 | Divisor Óptico (1:8) | 70\$ | 70\$ |
| 15 | Divisor Óptico (1:16) | 100\$ | 1500\$ |
| 276 | Conectores | 2\$ | 552\$ |
| 138 | Rosetas | 3\$ | 414\$ |
| 138 | Extensores ópticos (Pig-tales) | 1\$ | 138\$ |
| 138 | ONT | 5\$ | 690\$ |
| TOTAL | | | 56.906\$ |

Tabla 44. Costos de los elementos de referencia en el diseño

Fuente: Polanco, Bueno (2020)

Para fines de inversión se toma en cuenta el tiempo de vida útil que tienen los equipos a utilizar, en este caso tomaremos las referencias de utilidad de los equipos recomendados en la investigación

| ELEMENTO | TIEMPO UTIL |
|--|--------------------|
| OLT EA5800-X15 | 45años |
| Fibra Óptica Monomodo Acometida (UIT-T G.657B2) | 25 años |
| Fibra Óptica Monomodo Feeder (ITU-T G.652D) | 25 años |
| Empalme Óptico FK-CEO-3T | 25 años |
| Caja Terminal Óptica Pre-Conectorizadas FK-CTOP | 40 años |
| Divisor Óptico 1xN Equilibrado Furukawa | 20 años |
| ONT Huawei HG8240H | 15 a 10 años |
| Extensión Óptica Conectorizada (Pig-tail) Furukawa | 20 años |
| OLT power supply, 53.5V 50A Anvimur | 20 años |
| Caja Terminal 8 Acopladores | 25 años |
| Roseta óptica terminal FTB-08-SCA-A-S | 10 a 15 años |

Tabla 45. Tiempo de utilidad de los equipos

Fuente: Polanco, Bueno (2020)

Los datos proporcionados en las especificaciones del fabricante de los equipos (Ver Anexos) ayudan a estimar el tiempo adecuado para realizar una sustitución preventiva de los equipos instalados, analizando los datos obtenidos en la tabla anterior (Tabla 45) podemos estimar un referente mínimo de 5 años para el reemplazo total de los equipos

Para el presente análisis económico se estipula una tarifa básica de servicio, competitiva a nivel internacional, de los servicios IPTV con un costo mensual de \$30 dólares. La totalidad del despliegue realizado en tendido de fibra óptica corresponde a tendido de aéreo y dentro del estudio se plantea realizar la reingeniería a nivel de planta interna y externa correspondiente a la red HFC actual. En un inicio, se presenta a continuación en la tabla 46 la inversión destinada a la compra, instalación y puesta en operación de los elementos a instalar.

| Año | Clientes | Tarifa Mensual | Tarifa Total (ClientxTar) | Costo De Instalación | Total Recaudado |
|------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1 | 138 | 30\$ | 4.140\$ | 34.500\$ | 38.640\$ |
| 2 | 200 | 30\$ | 6.000\$ | 50.000\$ | 56.000\$ |
| 3 | 250 | 30\$ | 7.500\$ | 62.500\$ | 70.000\$ |
| 4 | 300 | 30\$ | 9.000\$ | 75.000\$ | 84.000\$ |
| 5 | 400 | 30\$ | 12.000\$ | 100.000\$ | 112.000\$ |
| | | | | TOTAL | 276.640\$ |

Tabla 46. Proyección de Ventas

Fuente: Polanco, Bueno (2020)

Se plantean periodos finitos de 5 años, en los cuales se realizan estimaciones de la ganancia a obtener. Asimismo en la tabla 46 se justifica la inversión total para el reemplazo de los equipos de 5 años, así que al utilizar la inversión pactada en 56.902\$ es posible de representar el margen de ganancia en torno a tres periodos.

| Años | Inversión | Total Recaudado | Ganancia |
|-------------|------------------|------------------------|------------------|
| 1-5 | 56.902\$ | 276.640\$ | 219.738\$ |
| 5-10 | 113.804\$ | 553.280\$ | 439.476\$ |
| 10-15 | 170.706\$ | 829.920\$ | 659.214\$ |

Tabla 47. Margen de Ganancia de la empresa

Fuente: Polanco, Bueno (2020)

El tiempo mínimo requerido para suplantar los equipos es de 5 años, arrojando que ese mismo instante de tiempo la empresa deberá realizar la inversión de los nuevos equipos para un estimado de 5 años tenemos la siguiente grafica de rentabilidad de la reingeniería del sistema HFC por red GPON

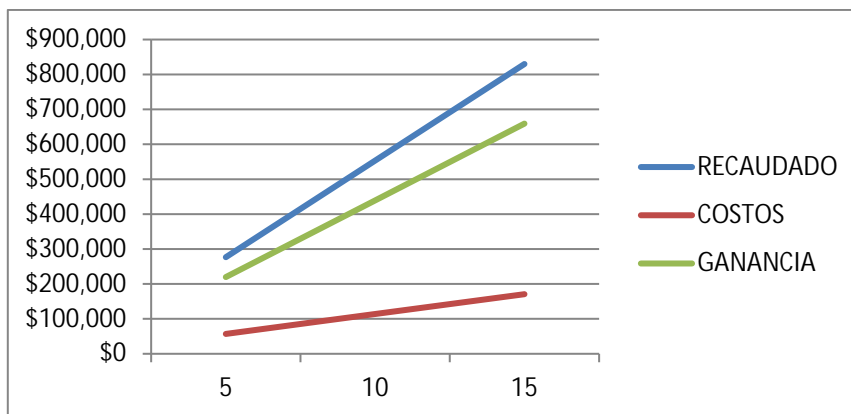


Figura 63. Grafica análisis de Ganancia respecto a los costos y recaudos

Fuente: Polanco, Bueno (2020)

Para un estimado de 5 años la empresa obtendría una ganancia de más de 200.000\$ (Tabla 47) siendo este sistema una innovación sustentable tanto como para la empresa como para los usuarios, ya que se hace una apreciación de los gastos y mantenimientos al suponer el reemplazo total de los equipos para el lapso de 5 años, finalmente contarían con un servicio bastante factible en comparación con el sistema anterior.

4.4.3. Ámbito Social

El análisis que se realizó en las encuestas muestran la cantidad de usuarios interesados en la innovación y remodelación del sistema actual, cuya implementación futura complementaría los requerimientos exigidos. Los encuestados al recibir la información referente a la nueva red sobre IP reconocieron la necesidad de un cambio, esto hace notar el éxito que tendría la reingeniería del Sistema de Tv por Cable mediante Tecnología de redes GPON para un conjunto residencial de viviendas unifamiliares en la Urbanización la Gaviota. La encuesta manifiesta la inclinación que tienen los habitantes de este sector en la reestructuración de la red y se adelanta a concluir con la buena receptividad que se obtendrá en la zona de estudio.

4.4.4. Ámbito Ambiental

Los elementos planteados a utilizar en la reingeniería del Sistema de Tv por Cable en la gaviota son elementos de nueva generación, convencionales y con mayor facilidad de manipulación, están estandarizados para funcionar de manera que el usuario consiga las especificaciones adecuadas para el requerimiento propio. Cuando se habla de reingeniería se habla de la reestructuración del sistema actual, esto incluye, para la sistema de Tv por red HFC a red GPON, sustitución de los elementos necesarios, para el caso de la sustitución de la cabecera su utilizaría para redes GPON un gabinete o rack compatible con la OLT a utilizar y la fuente de poder de la misma, no abarcaría un espacio no más 2.5m x 0.7m además, del ahorro de energía que este presenta en comparación del host utilizado para la cabecera HFC que aproximadamente tiene 15mts², se tendría reducción de espacio por la tanto una

disminución de temperatura, resaltando que la capacidad de velocidad que tiene el Host es 20Mbps para la red GPON se tendría en los niveles de Gbps.

En el caso de la sustitución de cable, el cable coaxial genera contaminación electromagnética, que se traduce en radiación de baja frecuencia alrededor de múltiples artefactos, también tiene que emitir mayor potencia para transmitir sus señales a través de cobre y eso genera mayor consumo eléctrico. Cuando el cable coaxial desgasta su recubrimiento es sustituido para evitar interferencia electromagnética de mayor nivel. El cobre no es biodegradable, cuando este es desechado, puede adherirse fuertemente a la materia orgánica y a otros componentes (por ejemplo, arcilla, arena, etc.) en las capas superficiales del suelo y puede que no se movilice muy lejos cuando es liberado. Cuando el cobre y los compuestos de cobre se liberan al agua, el cobre que se disuelve puede ser transportado en el agua de superficie ya sea en la forma de compuestos de cobre o cobre libre.

La exposición prolongada a polvos de cobre puede irritar la nariz, la boca, los ojos y causar dolores de cabeza, mareo, náusea y diarrea. Si usted bebe agua que contiene niveles de cobre más altos que lo normal, puede que sufra náusea, vómitos, calambres estomacales o diarrea. La ingestión intencional de niveles altos de cobre puede producir daño del hígado y los riñones y puede causar la muerte.

La fibra óptica no es más gruesa que un cabello e incluso es más delgado que el diámetro de un cabello. Esta tecnología que funciona a nivel nanométrico permite transmitir la información a gran velocidad. Javier Moreano, gerente General de Marketing de Netlife, explica que es la fibra óptica: “es un medio de transmisión, que permite llevar información en anchos de banda súper grandes. La fibra óptica es un medio cuyo mecanismo se basa en el la utilización de ases de luz”. Otro aspecto ambiental que tiene la fibra óptica comenta Moreano es que es “un material absolutamente biodegradable, todos los componentes se pueden reciclar. La fibra no es como las pilas, que son altamente contaminantes, siendo un aporte bastante interesante para el medio ambiente”

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las soluciones tecnológicas modernas requieren una infraestructura que soporte de forma continua los cambios tecnológicos para su buen funcionamiento; por tanto, la construcción de una red GPON cumple con este requisito.

Para diseñar una red de telecomunicaciones, es necesario utilizar una metodología, esto permitirá tener un mejor enfoque con respecto a los costos e inversión, en el presente documento se determina que se puede utilizar una metodología geográfica para realizar lo mencionado.

La tecnología FTTH, en la actualidad se ha desplegado en varias ciudades del mundo. Esta tecnología no se encuentra lejos de formar parte de nuestra realidad. Es por eso que las operadoras de Telecomunicaciones deben asumir el reto de introducir esta nueva tecnología.

Se diseñó una red FTTH con estándar GPON para el servicio de TV por cable en la Urbanización La Gaviota.

En el diseño planteado todos los elementos existentes activos en la distribución del Servicio de TV por cable de la urbanización la gaviota fueron sustituidos por elementos pasivos en su totalidad.

Se puede aprovechar un 500% más de velocidad de transmisión con red GPON a diferencia de una red existente HFC.

Cada usuario final cuenta con 38Mbps para el disfrute de Servicio de Television sobre IP (IPTV).

Los operadores que consideren necesario realizar una inversión para actualizar su red a la tecnología GPON, tendrán múltiples beneficios, reduciendo sus costos de

implementación, menos equipos activos de gestión, disminución en costos operativos para mantenimiento de la red.

El diseño propuesto en este trabajo de grado, cumple con los requerimientos necesarios para la implementación de una red FTTH, tomando en cuenta aspectos relevantes desde el punto de vista usuario para el disfrute de servicios y desde el punto de vista de la inversión en cuanto a la rentabilidad del proyecto.

Para el año siguiente de haberse implementado el diseño se habrá recuperado la inversión en el diseño de la red más un 286% de ganancia

Se realizó exitosamente el diseño de una red de acceso de fibra óptica FTTH (hasta el usuario final) utilizando el estándar GPON para clientes masivos y corporativos que permite brindar servicios convergentes como *Triple Play* (telefonía, internet y televisión).

Se especificó los principios de funcionamiento y parámetros principales de la redes de acceso de fibra óptica hasta el usuario final FTTH.

Se llegó a la conclusión de que el diseño propuesto, así como el cálculo respectivo y los parámetros establecidos, son criterios aplicables en redes de acceso de fibra óptica para casas, edificios, urbanizaciones y otras diferentes infraestructuras civiles que requieran fibra óptica hasta el usuario final.

Para que no se generen pérdidas por reflexión en la señal y esta disminuya considerablemente, se determinaron los mejores equipos que presentan una vida útil de 15 años como mínimo y con una potencia de llegada al usuario aceptable y demás características tomando en cuenta la distancia entre los nodos, la capacidad del canal, y la velocidad de transmisión, la cantidad de abonados y el protocolo DOCSIS 3.0 que se tomó en consideración para este diseño.

Recomendaciones

Los encuestados del conjunto residencial conciben a las redes FTTH y el servicio IPTV como importante y tan necesario avance en materia de infraestructura y disposición de servicios interactivos de última generación,

sumando un porcentaje de 90% para su contratación. De la misma forma, el 90% de los encuestados proyecta la contratación de más servicios como acceso a la red y telefonía mediante red de fibra, generado por la gran expectativa operativa de las redes de nueva generación.

El estudio se enfocó netamente en la Urb. La Gaviota, generando una primera aproximación sobre despliegue de red, por tal razón es de provecho utilizar los datos recolectados y replicarlos en el resto de conjuntos residenciales con características similares, abundantes dentro del municipio san diego.

Pese a que la implementación fue dirigida a un total de 138 abonados, la red tiene la capacidad de expansión necesario para dar servicios a la totalidad de abonados que están dentro del límite del nodo SD04D, gracias al buffer de 24 hilos de fibra del cableado de fibra de alimentación.

Es posible dar servicio a múltiples zonas de residenciales en un radio de 20km alrededor de la cabecera local, gracias a los 240 puertos GPON disponibles en la OLT Huawei EA5800-X15. Este hecho da la posibilidad de manejar la importante suma de 15.360 abonados desde un mismo equipo OLT.

Se recomienda capacitación y certificación sobre redes FTTH, servicios IPTV e instalaciones de fibra al personal técnico, con el fin de garantizar resultados que satisfagan los estándares ITU y proporcionar servicios de calidad.

Se le recomienda a la empresa de telecomunicaciones ofrecer al usuario ONT con características de router inalámbrico y STB con conexión a redes inalámbrica. Esto responde a la posibilidad de reducir los costos de instalación para el usuario, gracias a la comunicación inalámbrica entre la ONT y STB box. De igual importancia, se recomienda a la empresa adquirir equipos ONT de última tecnología que integren las funcionalidades de STB, con el fin de optimizar recursos económicos a la empresa. Los Autores recomiendan la ONT Huawei Echolife HG8245H y Nano 3 Set-top Box del proveedor ANTIK Technology como opciones de última generación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Añazco, C. (2013). **Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON**. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Añazco, C. (2016). **Propuesta de Implementación De Una Infraestructura IPTV Caso de Estudio: Universidad Técnica De Manabí**. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica**. Editorial EPISTEME. Caracas Venezuela.
- Arias, J. (2015). **Diseño de una Red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar**. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Castro, E. (2015). **Diseño y simulación de una red MPLS para interconectar estaciones remotas utilizando el emulador GNS3 (Trabajo de Grado)**. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Ecuador
- Centro Integrado de Formación Profesional LHII. (2017). **Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga**. Vizcaya. País Vasco. Recuperado en: <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/>
- Chevez, L. (2017). **Estudio de Tecnologías HFC y FTTH para determinar su factibilidad en la implementación del servicio IPTV**. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- CODELECTRA (2004). **Código Eléctrico Nacional, Norma COVENIN-FONDONORMA 200:2004 (7ma revisión)**. Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad/Comité de Electricidad (FONDONORMA). Caracas, Venezuela
- CORNING (2014). **Guía de Instalación Técnica de Panel de Fusión**. Compañía Tecnológica CORNING INC. New York, Estados Unidos. Cortés, A. (2016).

- Planificación y Diseño de Redes FTTH basadas en Zonificación y Servicios.** Universidad de Panama. Ciudad de Panamá, Panamá.
- De León, O. (2009). **Perspectivas de las tecnologías de telecomunicaciones y sus implicancias en los mercados y marcos regulatorios en los países de América Latina y el Caribe.** Recuperado el 2012, de <http://www.eclac.org>
- Departamento de Interior del País Vasco (2012). **Manual Tendido de Cable de Fibra Óptica para la red de Telecomunicaciones Del Departamento de Interior Anexo 2: Especificaciones Técnicas para la Instalación de Cable de Fibra Óptica.** Viceconsejería de Administración y Servicios Dirección de Gestión Económica e Infraestructura adscrita al Departamento de Interior del País Vasco. País Vasco, España.
- Gutiérrez, E. (2007). **Análisis de la tecnología IPTV, articulación de propuesta para la implementación de un plan piloto.** Recuperado en el 2012, de http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb07_II/pb0720t.pdf
- Heredia, V. (2016). **Diseño de una Red FTTH para la Utilización de Servicios de los Operadores de Telecomunicaciones en la Ciudad de Cuenca.** Maestría en Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Hernández, S., Fernández, C., Baptista, M. (2014). **Metodología de la investigación.** México: Editorial McGraw-Hill.
- Marcelo, A. (2009). **Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH).** Universidad de Montevideo. Montevideo, Uruguay.
- Moreno, K (2012). **Validación de Normas y Procedimientos de Construcción para la Incorporación en Despliegues de FTTH (Trabajo de Grado).** Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela
- Osorio G. Á. (2016) **.Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina.** Máster en Ingeniería de las Telecomunicaciones en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)

- Palacios, O. (2006). **Análisis de Ruido en la señal transmitida en un Cable Coaxial**. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Sabino, C. (1986). **El proceso de investigación**. Caracas: Panapo.
- Salvatierra, R. (2017). **Diseño y cuantificación para el despliegue de una red de planta externa mediante la tecnología GPON-FTTH para brindar servicios Triple Play en la ciudadela Huancavilca Norte**. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Szymanczyk, O. (2013). **Redes de Televisión por Cable**. Ingeniero Electrónico de la Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, y de Postgrado, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina Email: oscarszy33@gmail.com. Recuperado en: <http://www.oscarszymanczyk.com.ar/documentos>
- Vázquez A. y Elaje D. (2018). **Estudio para Brindar el Servicio de IPTV sobre una Red FTTH a la Ciudad de Azogues**. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
- Yagüe, A. (2014). **Información GPON y GPON Doctor: Introducción y Conceptos Generales**. TELNET Redes Inteligentes S.A. Madrid, España.

ANEXOS

ANEXO A: Red HFC Nodo SD04 INTERCABLE, Venezuela. Escala 1:2000



ANEXO B: Encuesta



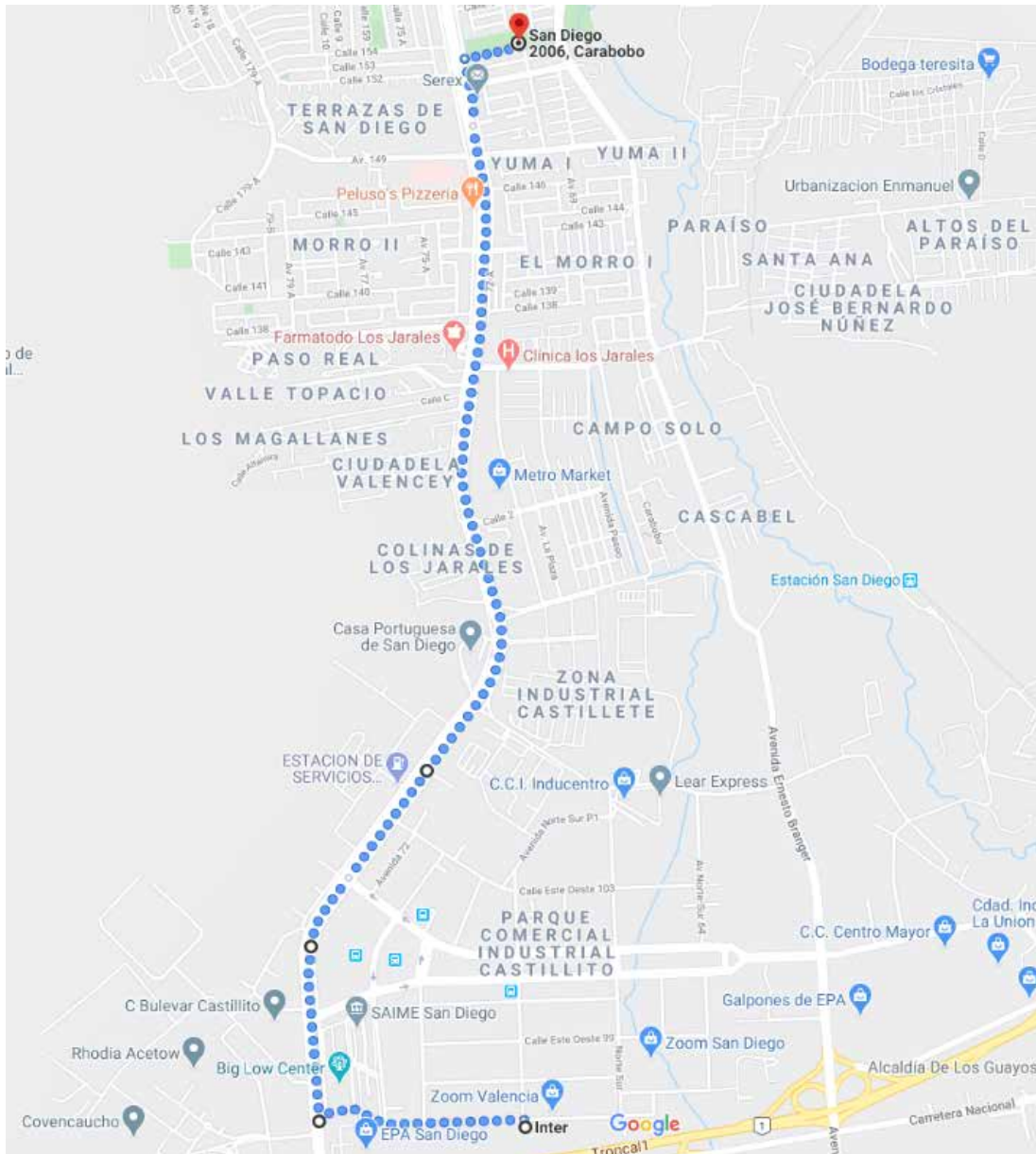
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TV POR CABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE REDES GPON PARA UN CONJUNTO RESIDENCIAL DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA URBANIZACIÓN LA GAVIOTA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO.

ENCUESTA

1. ¿Posee usted servicios de Tv por Suscripción?
 SI NO
2. De no poseer servicios de Tv por Suscripción ¿Estaría dispuesto a contratar servicios de TV?
 SI NO
3. De poseer servicios de Tv por Suscripción, ¿Cuál es el proveedor de servicios de TV?
 Inter Net Uno (Coaxial) Otros (Satelital)
4. ¿Cuál fue el motivo de contratar el servicio de TV por Suscripción con su proveedor actual?
 Por su precio Por su calidad Por ser empresa reconocida
 Por alguna referencia Único proveedor Por tener otro servicio contratado
5. ¿Cuál es el formato que posee la señal del servicio de TV contratado?
 Analógico (Sin Decodificador) Digital (Con Decodificador)
6. ¿Cuál es el grado de satisfacción con el servicio que brinda el proveedor actual?
 Excelente Muy Bueno Bueno Regular Malo
7. ¿Posee paquetes Premium o Contenido interactivo actualmente contratado?
 SI NO
8. IPTV, Es una nueva tecnología que permite presentar Tv sobre protocolo IP (Equivalente a Internet) en paquetes de datos, gracias al uso de la fibra Óptica (FTTH). De ofrecer al cliente Servicio de Tv digital. ¿Estaría dispuesto(a) de cambiarse de proveedor?
 SI NO
9. ¿Consideraría Usted limitante suscribirse a servicios de Telecomunicaciones con tasas de pago en divisa?
 SI NO
10. Si el Proveedor de Servicios IPTV (FTTH) dispone a futuro de servicios de telefonía o acceso de servicio a internet. ¿Estaría dispuesto(a) de Contratar los nuevos Servicios?
 SI NO

ANEXO C: Separación entre cabecera local y nodo óptico



ANEXO D: Tipos de Conectores y terminaciones de la fibra óptica

Tabla de Colores para Fibra Óptica



Equipamiento para fibra óptica de PROMAX
Toda la instrumentación para la ICT2

Tipo de Fibra por color del Cable (según estándar TIA-598-C)

| |
|---|
| Fibra óptica Monomodo (OM1, OM2) |
| Fibra óptica Multimodo (OM1, OM2) |
| Fibra óptica Multimodo 50/125 µm 10 Gb optimizada para Laser (OM3, OM4) |
| Color en desuso para fibra óptica Multimodo |
| Fibra óptica Monomodo de polarización mantenida |

Código de Colores para Conectores

| | |
|---------|--|
| PC, 0º | Principalmente para Fibra Monomodo (esto mismo a veces para Multimodo) |
| APC, 0º | Solo Monomodo |
| PC, 0º | Conectores Fibra Multimodo 50 µm |
| PC, 0º | Conectores Fibra Multimodo 62.5 µm |
| PC, 0º | Conectores Fibra Monomodo |
| PC, 0º | Fibra óptica elevada. Para conexión de línea |



¿Cómo fusionar fibra?
Tutorial PROMAX gratis - ¡Aprende a fusionar fibra óptica en 5 min!
Escanea el código QR o visita: www.youtube.com/PROMAX3electronica

Colores para Fibras Individuales (según estándar TIA-598-C)

| Posición | Color | Posición | Color |
|----------|----------|----------|--------------------------|
| 1 | Azul | 13 | Azul con línea negra |
| 2 | Naranja | 14 | Naranja con línea negra |
| 3 | Verde | 15 | Verde con línea negra |
| 4 | Marrón | 16 | Marrón con línea negra |
| 5 | Gris | 17 | Gris con línea negra |
| 6 | Bianco | 18 | Bianco con línea negra |
| 7 | Rojo | 19 | Rojo con línea negra |
| 8 | Negro | 20 | Negro con línea amarilla |
| 9 | Amarillo | 21 | Amarillo con línea negra |
| 10 | Violeta | 22 | Violeta con línea negra |
| 11 | Rosa | 23 | Rosa con línea negra |
| 12 | Turquesa | 24 | Turquesa con línea negra |

www.promax.es

ANEXO E: Manual de Instalación Industrias CORNING

CORNING

OptiSheath® Advantage and
Classic Sealed UCA Terminal

206-342, Issue 6

| | |
|--|---|
| related literature Search www.corning.com/opcomm . Click on "Resources." | |
| 0504_NAFTA_AEN | Product Specifications, OptiSheath® Sealed Terminal, UCA Series |
| 206-339 | Instruction, Wall-Pole-mounting Bracket for UCAO Closures |
| 001-284 | Instruction, Splice Trays Using Heat-shrink Splice Protectors |
| 009-043 | Instruction, OptiSheath® Extension Kit for SST-Drop™ Cable |
| 206-371 | Instruction, Pressure Test Valve Kit |

Table of Contents

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Carton Contents | 3 |
| 2. | Use and Application | 4 |
| 2.1 | Network Planning | 4 |
| 2.2 | Tools and Equipment Required | 4 |
| 3. | Removing the Terminal Cover (Optional) | 5 |
| 4. | Preparing The Cable | 6 |
| 4.1 | Remove Cable Sheath and Pigtail Jacket | 6 |
| 4.2 | Install Bonding Hardware (Armored Cable Only) | 8 |
| 4.3 | Install Strain-relief Hardware | 9 |
| 4.3.1 | Install Strain-relief Bracket(s) | 9 |
| 4.3.2 | Trim Nonmetallic Central Strength Member | 9 |
| 4.3.3 | Trim and Secure Metallic Central Strength Members (if applicable) | 9 |
| 4.3.4 | Install Restraint Cap | 9 |
| 4.4 | Mark Cable | 10 |
| 5. | Installing Cable | 10 |
| 5.1 | Apply Sealing Tape to Terminal | 10 |
| 5.2 | Apply Sealing Paste and Tape to Cable | 11 |
| 5.3 | Insert Cable into Terminal | 12 |
| 5.4 | Use a Dummy Plug, if Necessary | 12 |
| 5.5 | Secure the Cable | 14 |
| 6. | Grounding Armored Cable, If Applicable | 15 |
| 7. | Installing Buffer Tube Holders And Tray Stacker | 15 |
| 8. | Installing The Sealing Gasket | 16 |
| 9. | Preparing Fiber For Mid-span Applications | 16 |
| 9.1 | Splice Loose-tube Input Fibers to Pigtails | 17 |
| 9.1.1 | Prepare Buffer Tube for Splicing | 17 |
| 9.1.2 | Prepare Pigtail for Splicing | 18 |
| 9.1.3 | Secure Buffer Tube and Pigtails to Tray | 19 |
| 9.1.4 | Splice Fiber to Pigtail | 19 |
| 9.1.5 | Secure Splice Tray | 20 |
| 9.2 | Splice Ribbon Fibers to Pigtails | 21 |

ANEXO F: Manual de Instalación de Tendido de cable de fibra Óptica Gobierno Vasco, España

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

HERRIZAINGO SAILA
Administrazio eta Zerbitzuen Sailordetza
Kudeaketa Ekonomiko eta Azpiegituren
Zuzendaritza

DEPARTAMENTO DE INTERIOR
Viceconsejería de Administración y Servicios
Dirección de Gestión Económica e
Infraestructuras

**TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA
PARA LA RED DE TELECOMUNICACIONES DEL
DEPARTAMENTO DE INTERIOR**

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA

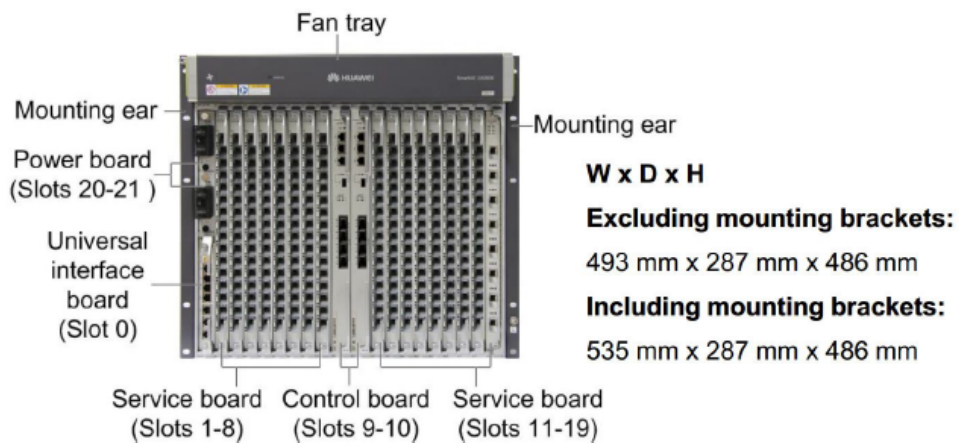
ANEXO G: OLT Huawei EA5800-X15

Models & Appearance

The EA5800 supports four types of subracks. The only difference between these subracks relies on the service slot quantity (they have the same functions and network positions).

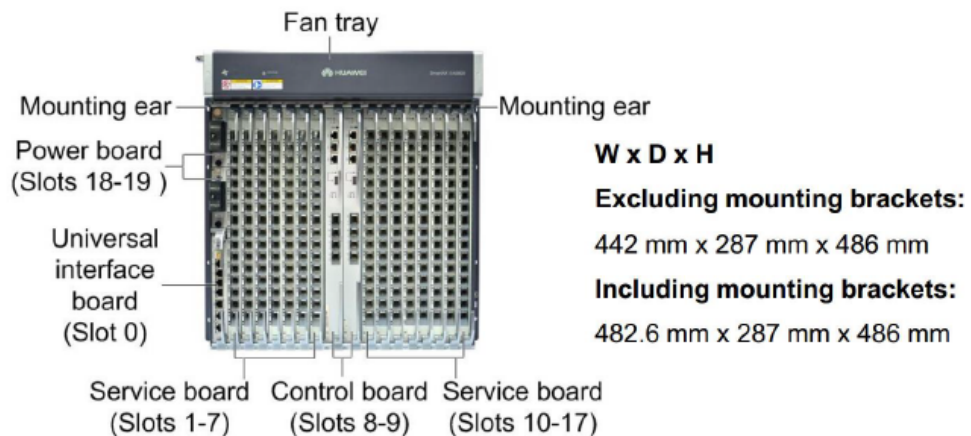
EA5800-X17 (large-capacity, ETSI)

EA5800-X17 supports 17 service slots with backplane H901BPLB.



EA5800-X15 (large-capacity, IEC)

EA5800-X15 supports 15 service slots with backplane H901BPIB.



ANEXO H: Gabinete Huawei N66E-22

EA5800 Série



O EA5800 é o primeiro OLT de convergência inteligente da indústria com uma arquitetura distribuída. É o OLT de nova geração para NG-PON, e fornece acesso GPON, XG-PON, XGS-PON, GE, e 10GE.



EA5800-X17 (ETSI)

- ◆ 11 U (altura), 21 polegadas (largura)
- ◆ 17 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 272 GPON
 - 136 XG-PON/XGS-PON
 - 816 GE/FE
 - 408 10GE



EA5800-X15 (IEC)

- ◆ 11 U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ 15 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 240 GPON
 - 120 XG-PON/XGS-PON
 - 720 GE/FE
 - 360 10GE



EA5800-X7

- ◆ 6 U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ 7 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 112 GPON
 - 56 XG-PON/XGS-PON
 - 336 GE/FE
 - 168 10GE



EA5800-X2

- ◆ 2 U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ 2 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 32 GPON
 - 16 XG-PON/XGS-PON
 - 96 GE/FE
 - 16 10GE



EA5801

- ◆ 1U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - GPON: 8 GPON
 - CG64: 4 XG-PON&GPON combo

MA5600T Série



Este dispositivo de acesso integrado de fibra e cobre suporta acesso GPON, GE, DSL, Vectoring e SuperVector.



MA5600T (ETSI)

- ◆ 10 U (altura), 21 polegadas (largura)
- ◆ 16 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 1024 ADSL2+/VDSL2/POTS
 - 768 Vectoring
 - 512 SHDSL/ISDN
 - 256 GPON
 - 768 GE/FE



MA5600T (IEC)

- ◆ 10 U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ 14 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 896 ADSL2+/VDSL2/POTS
 - 768 Vectoring
 - 448 SHDSL/ISDN
 - 224 GPON
 - 672 GE/FE



MA5603T

- ◆ 6 U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ 5 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 384 ADSL2+/VDSL2/POTS
 - 384 SuperVector/Vectoring
 - 192 SHDSL/ISDN
 - 96 GPON
 - 288 GE/FE



MA5608T

- ◆ 2 U (altura), 19 polegadas (largura)
- ◆ 2 ranhuras de serviço
- ◆ Número máximo de portas de serviços
 - 32 GPON
 - 96 GE/FE

Armário suportado



Gabinete N63E-22 (ETSI)

2200 mm × 600 mm × 300 mm (A x L x P)

Subracks de serviço correspondentes:

EA5800-X17(ETSI)

EA5800-X2

MA5600T(ETSI)

MA5603T

MA5608T



Gabinete N66E-22 (IEC)

2200 mm × 600 mm × 600 mm (A x L x P)

Subracks de serviço correspondentes:

EA5800-X15(IEC)

EA5800-X7

MA5600T(IEC)



ANEXO I: Fuente de Poder ETP48100-B1

20/2/2020

Huawei ETP48100-B1-50A DC -48V Power System Price Specs - Thunder-link.com



ETP48100-B1 subrack composed by 1xPMU(11A), 1xPSU(R4850G2), comes with pre-connected Europe power cable, max output 50A.
 Maximum output power: 3000 W (176-290 V AC); 1250 W (85-175 V AC decreased linearly)
 4 Power output port on ETP48100-B1 subrack, each provide 25A MAX
 1 R4850G2 module condition, total MAX output is 50A
 2 R4850G2 module condition, total MAX output is 100A
 Easy output power cable connection
 Without battery port
 Power supply typically to Huawei MA5683T, MA5680T, MA5800-X7, X15, X17

ETP48100-B1-50A is a carrier-class AC/DC power converter, convert 220V/110V AC power to -48V DC power, MAX output 50A. ETP48100-B1-50A have 4 output, each MAX output 25A, If equipped with two R850G2, total output can be 100A.

| Tech Specs | |
|-----------------------------|--|
| Specification | |
| Input voltage | 220 V AC single-phase voltage range: 176 V AC to 290 V AC |
| Input voltage frequency | 45 Hz to 65 Hz |
| Output voltage | Voltage range: -42 V DC to -58 V DC |
| Output current | 30 A for the 220 V AC single-phase input power |
| Maximum output power (W) | 3000 W (176-290 V AC); 1250 W (85-175 V AC decreased linearly) |
| Surge protection capability | 2 kV in differential mode 4 kV in common mode |

Q&A
 Q: What the different among the power converters?
 A:

| | MAX output | QTY output | batter |
|-----------------|------------|------------|--------|
| EPS30-4815A-15A | 15A | 2 | 1 |
| EPS30-4815A-30A | 30A | 2 | 1 |
| ETP48100-B1-50A | 50A | 4 | 0 |

Q: How can I choose power type for my OLT?
 A: Normal condition, a EPS30-4815A-15A is enough for a OLT typical configuration; if fully configured, EPS30-4815A-30A is recommended; if several OLT in one cabinet, ETP48100-B1-50A is preferred for it more output port.

More

Reviews
 5 4 3 2 1

5 0 0 0 0 Write a Review



Karlo
 Czech Republic
 Verified Purchase
 07/03/2019

This model is easier for connecting, and 4 power output port, totally enough to support my system.



Martine
 Cambodia
 Verified Purchase
 04/01/2019

Manufactured in latest year 2018, very new, and they sent me American-Standard power cables, considerate.



Christopher
 Verified Purchase
 20/06/2018

ETP48100-B1-50A is easy cable connecting than ETP4830, we are satisfied with this model.



Juan dos
 Verified Purchase
 06/03/2018

very surprise that you provide a power cable with connector, to avoid short circuit, you guys did a nice job



JHON-V
 Verified Purchase
 14/02/2017

GOOD MATERIAL AT GOOD PRICE, SUPPORT AND SHIPPING VERY FAST AND ATTENTIVE

Company
 Buyer Guide
 Service

[f \(https://www.facebook.com/Thunderlink.com\)](https://www.facebook.com/Thunderlink.com)
[G+ \(https://plus.google.com/+Thunderlink.com\)](https://plus.google.com/+Thunderlink.com)
[in \(http://www.linkedin.com/company/thunder-link-com\)](http://www.linkedin.com/company/thunder-link-com)

852-30623083
 Sales@Thunder-link.com (mailto:Sales@Thunder-link.com)



Copyright © 2020 Thunder-Link.com.
 Powered by Thunder Link International Co. Ltd.

https://www.thunder-link.com/ETP48100-B1-50A_p684.html 2/3

ANEXO J: Cable de Fibra Monomodo G.652.D LS Cable & System Ltd



Spec. No. : LSGS-17-OC0424-00
 Issued date : Sep. 29, 2017
 Page : 2 OF 7

1. SCOPE

This specification covers the general requirements of Figure-8 self-supporting cable for aerial application.

2. OPTICAL FIBER

The optical, geometrical, mechanical and environmental performance of the optical fiber shall be in accordance with Table 1 below.

Table 1. The Optical and Geometrical Performance of Single Mode Fiber (ITU-T G.652D)

| ITEMS | UNITS | SPECIFICATION |
|--|------------------------|--|
| Attenuation Coefficient | dB/km | ≤ 0.36 at 1310nm ≤ 0.35 at 1383nm ≤ 0.22 at 1550nm |
| Chromatic Dispersion | ps/nm.km | ≤ 3.5 at 1285nm ~ 1330nm ≤ 18 at 1550nm |
| Zero Dispersion Wavelength | nm | 1300 ~ 1322 |
| Zero Dispersion Slope | ps/nm ² .km | ≤ 0.092 |
| Cable PMD (PMD _C) | ps/√km | ≤ 0.2 (20 section link) |
| Cut-off Wavelength (λ _{cc} , cabled fiber) | nm | ≤ 1260 |
| Attenuation vs. Bending (30mm radius x 100turns) | dB | ≤ 0.1 at 1625nm |
| Mode Field Diameter | μm | 9.2 ± 0.4 at 1310nm 10.4 ± 1.0 at 1550nm |
| Core-Clad Concentricity Error | μm | ≤ 0.6 |
| Cladding Diameter | μm | 125 ± 1.0 |
| Cladding Non-circularity | % | ≤ 1.0 |
| Coating Diameter | μm | 245 ± 10 |
| Proof Test | Gpa | ≥ 0.69 |

ANEXO K: Cable de Fibra Monomodo G.657.A LS Cable & System Ltd



Spec. No. : LSSS-OC0097-03
 Issued date : May. 12, 2015
 Page : 3 OF 8

Table 2 Performance of the Enhanced Single Mode Fiber (G.657.A)

| ITEMS | UNITS | SPECIFICATION | |
|--|------------------------|--|---|
| | | G.657.A1 | G.657.A2 |
| Attenuation | dB/km | ≤ 0.4 at 1310nm ≤ 0.4 at 1383nm ≤ 0.3 at 1550nm | |
| Chromatic Dispersion | ps/nm.km | ≤ 3.5 at 1285nm ~ 1330nm ≤ 18 at 1550nm | |
| Zero Dispersion Wavelength | nm | 1300 ~ 1324 | |
| Zero Dispersion Slope | ps/nm ² .km | ≤ 0.092 | |
| Cable PMD (PMDQ) | ps/ \sqrt km | ≤ 0.2 (20 section link) | |
| Cut-off Wavelength (λ_{cc} , Cabled fiber) | nm | ≤ 1260 | |
| Attenuation vs. Bending (15mm radius x 10turns) | dB | ≤ 0.25 at 1550nm ≤ 1.0 at 1625nm | ≤ 0.03 at 1550nm ≤ 0.1 at 1625nm |
| Attenuation vs. Bending (10mm radius x 1turn) | dB | ≤ 0.75 at 1550nm ≤ 1.5 at 1625nm | ≤ 0.1 at 1550nm ≤ 0.2 at 1625nm |
| Attenuation vs. Bending (7.5mm radius x 1turn) | dB | - | ≤ 0.5 at 1550nm ≤ 1.0 at 1625nm |
| Mode Field Diameter | μ m | 8.9 ± 0.4 at 1310nm | 8.6 ± 0.4 at 1310nm |
| Core/Cladding Concentricity Error | μ m | ≤ 0.5 | |
| Cladding Diameter | μ m | 125 ± 0.7 | |
| Cladding Non-circularity | % | ≤ 1.0 | |
| Coating Diameter | μ m | 245 ± 10 | |
| Proof Test | Gpa | ≥ 0.69 | |

ANEXO L: Extensores Ópticos Conectorizada Furukawa Electronic



EXTENSIÓN CONECTORIZADA

ÓPTICA



Descripción La Extensión Óptica Conectorizada consiste de dos partes principales:

- Extensión Óptica: cable óptico, monofibra o dúplex, conectorizado en un extremo;
- Adaptador Óptico: acoplador que hace la interconexión de dos conectores ópticos, del mismo tipo de la extensión.

Ventajas

- Recomendado para utilización en ambientes internos para terminación de cables ópticos dentro de los distribuidores ópticos, en los sistemas de bajas pérdidas y alta banda pasante, como: sistemas de larga distancia, redes principales, distribución y transmisión de datos y vídeo;
- Supera los requisitos de desempeño del estándar EIA/TIA-568-C.3;
- Atiende aplicaciones conforme estándares IEEE 802.3 (Gigabit y 10 Gigabit Ethernet) y ANSI T11.2 (Fibre Channel);
- Montado y testado 100% en fábrica;
- Alto desempeño en pérdida de inserción y pérdida de retorno;
- Disponible para los principales conectores ópticos;
- Disponible en fibras monomodo y multimodo;
- Disponible en pulimento PC y APC.

Ambiente de Instalación Interno

Ambiente de Operación No agresivo

Temperatura de operación (°C) -25°C a 75°C

Diámetro nominal (mm) 0.9 mm o 2.0 mm

Longitud 1,5m

| Color | TIA 598 C | | | ABNT | | |
|---------------------------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| | D 0.9 | D 2.0 | D 3.0 | D 0.9 | D 2.0 | D 3.0 |
| Monomodo Standard (G.652) | Amarillo | Amarillo | Amarillo | Azul | Azul | Azul |
| Monomodo (G657) | Blanco | Blanco | Blanco | Blanco | Blanco | Blanco |

ANEXO M: Divisor Óptico 1XN Equilibrado 1X16 BLI A/B G-657A NC/SC-APC

Conector de Fibra Monomodo SC-APC EZ d0.9



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
ET0237.1 v1 - 12/11/2019



DIVISOR ÓPTICO 1XN EQUILIBRADO



| | |
|-----------------------------|---|
| Descripción | <p>Spliters Ópticos son componentes pasivos que realizan la división del señal óptico en una red PON. Son constituidos por una fibra de entrada y N fibras de salida, las cuales dividen la potencia del señal óptico proporcionalmente, caracterizándolos como splitters equilibrados. Son utilizados principalmente en redes ópticas FTTx/PON y redes HFC (Cable TV).</p> <p>Disponibles en tres modelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conectorizado en la entrada y salidas; - Conectorizado sólo en las salidas; - No conectorizado. |
| Compatibilidad | Bandejas de Empalme o Módulos Conectorizados. |
| Tipo de la Fibra | Fibras de Entrada y Salidas del Tipo "Bend Insensitive" G.657A ⁽²⁾ . |
| Norma | <ul style="list-style-type: none"> • Telcordia GR-1209 (Componentes Ópticos Pasivos) • Telcordia GR-1221 (Requisitos de Confiabilidad para Componentes Ópticos Pasivos) • IEC 61753-1 (Dispositivos de Interconexión de Fibra Óptica y Componentes Pasivos - Estándar de Rendimiento) |
| Certificaciones | ANATEL (Homologación 01837-11-00256 y 01835-11-00256) |
| Accesorios Incluidos | Hoja de Pruebas (Medidas de Pérdida de Inserción y Pérdidas de Retorno ⁽¹⁾). |
| Garantía | 12 meses |
| Desempeño | |

| Modelos | 1x2 | 1x4 | 1x8 | 1x16 | 1x32 | 1x64 |
|---|--|-----|------|------|------|------|
| Banda Óptica Pasante | PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm e 1480~1650nm | | | | | |
| Pérdida de Inserción Máxima (dB) - Desconsiderar Pérdidas | 3,7 | 7,1 | 10,5 | 13,7 | 17,1 | 20,5 |



Este documento técnico es de propiedad y propiedad exclusiva de Furukawa Electric LatAm S.A. Está prohibida su reproducción total o parcial sin mencionar su autoría, así como la modificación de su contenido o contexto. Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

1/3

ANEXO N: Conector de campo EZ! Connector APC 0.9mm



CONECTOR DE CAMPO EZ! CONNECTOR APC 0.9mm



| | |
|------------------------------------|--|
| Descripción | El Conector Óptico de Campo D0.9 Furukawa fue desarrollado para la conexión rápida de fibras monomodo de diámetro 0,9mm. Disponible en el tipo de conector SC con pulido APC. |
| Aplicación | Utilizado para hacer conectorizaciones en campo de fibra ópticas, en redes FTTx y Laserway. Diseñado para aplicación interna para completar las soluciones EzLux FTTA y aplicaciones de Laserway. |
| Ventajas | <ul style="list-style-type: none"> • Instalación sencilla - no requiere herramientas especiales, uso de epoxi ni pulido en campo; • Alta performance óptica; • Terminación de campo rápida y fácil. |
| Temperatura de almacenamiento (°C) | -25 ~ 75°C |
| Temperatura de operación (°C) | -25 ~ 75°C |
| Características Físicas | Carga de tracción: 3N (0,85 ≤ diámetro ≤ 0,95) |
| Ancho (mm) | 7,3 |
| Altura (mm) | 7,4 |
| Profundidad (mm) | 47 |
| Tipo de la Fibra | Monomodo |
| Tipo de Pulido | APC |
| Pérdida de Inserción (dB) | Típica: 0,30 dB / Máxima: 0,50 dB |
| Pérdida de Retorno | Típica: 50 dB / Máxima: 55 dB |
| Cantidad piezas en el Kit | Kit con 10. |
| Compatibilidad | <ul style="list-style-type: none"> • FIBRA OPTICA TIGHT • CAJA DE EMPALME INTERNA DE PARED PARA 12 FIBRAS |

ANEXO O: Caja de Terminación óptica CTO Pre-Conectorizada FK-CTOP



CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA CTO PRE-CONECTORIZADA FK-CTOP



| | |
|---|---|
| Descripción | La Caja Terminal Óptica Pre-Conectorizadas FK-CTOP es utilizada como punto de interconexión entre la red de distribución y las redes de acceso y de terminación. El producto es equipado con conectores externos reforzados estándar SlimConnector, que permiten la instalación de cables drop pre-terminados SlimConnector sin necesidad de apertura del producto. |
| Aplicación | La FK-CTOP es utilizada en redes ópticas aéreas externas. Posee soporte para instalación en paredes o fachadas. También se pueden adquirir ferreterías para la instalación en mensajero (adquirido separadamente). |
| Ventajas | Los conectores ópticos externos SlimConnector permiten la conexión de cables drop pre-conectorizados sin que los circuitos drop adyacentes, permitiendo la instalación de nuevos clientes sin la necesidad de apertura del producto. El producto posee hast 2 derivaciones (adquiridos separadamente). |
| Certificaciones | ANATEL 04444-15-00256 |
| Color | Negro RAL 9005 |
| Material del cuerpo del producto | Termoplástico reforzado con aditivo de protección UV. |
| Cantidad de Empalmes | 16 empalmes ópticos por bandeja de empalme; Producto equipado con 3 bandejas de empalme; Capacidad máxima de 96 empalmes ópticos. |
| Grado de Protección | IP56 |
| Peso (Kg) | 6.6kg Módulo básico |
| Tipo de sistema de sellado | Mecánico con goma de vedação |
| Altura (mm) | 375 |
| Ancho (mm) | 240 |
| Profundidad (mm) | 120 |
| Cantidad de Adaptadores | 16 Adaptadores Ópticos Reforzados SlimConnector |

ANEXO P: Caja de Empalme Óptico Aérea FK-CEO-3T-36F



CAJA DE EMPALME ÓPTICO AEREA FK-CEO-3T



Descripción El Conjunto de Empalme Óptico FK-CEO-3T utilizado para proteger y acomodar los empalmes ópticos para la transición o derivación entre cables de fibra óptica.

Aplicables en vías aéreas con capacidad para hasta 36 fibras, acomodadas en bandejas con capacidad de 12 empalmes. Configuración tipo "topo" y sistema de sellado termocontráctil.

Possibilita hacer derivación o terminación de cables ópticos con entrada oval para cable con diámetros hasta 15mm y hasta 3 portas redondas de derivación de cables ópticos con diámetros hasta 12 mm.

Cantidad de Empalmes 36

| Cantidad de Bandejas de Empalme | Cantidad de Empalmes | Cantidad de bandejas |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| | | 12 |
| | 24 | 2 |
| | 36 | 3 |

Aplicación Permite la instalación aérea en poste/pared o en cordaje.
Resistente a la corrosión y envejecimiento, tiene protección ultravioleta.

Norma

- Telcordia GR-771 (Cajas de Empalme de Fibra Óptica)
- ITU-T L. 13 (Requisitos de Performance para Nodos Pasivos Ópticos: Gabinetes Sellados para Ambientes Externos)

Ventajas

1. Dimensiones compactas;
2. Cierre y sellado con El'ring;
3. Posibilidad de cierre con candado;
4. Posee bandeja para reserva de hebra con tubo "loose";
5. Sistema de acomodación: áreas separadas para almacenar, encaminar, proteger y "transportar" las hebras;

| Características Físicas | Dimensiones | 288 (alto) x 178 (diámetro) mm |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Material del cuerpo | PP + FG |
| | Peso | 1.75 kg |
| | Temperatura de operación | -40 a 75 °C |
| | Grado de Protección | IP 67 |

Sistema de sellado termocontráctil.

ANEXO Q: Caja Terminal Óptica MEXFOSERV FTB-08



FICHA TÉCNICA | DISTRIBUIDORES

8 ACOPLADORES

FTB-08
CAJA TERMINAL

La línea de productos MEXFOSERV® presenta la FTB-08, una caja utilizada para la terminación de la fibra óptica con el usuario final. Este producto es de nueva generación especialmente diseñada para brindar conexión, distribución y protección a cables de fibra óptica principalmente en aplicaciones para servicios de fibra hasta la premisa.



APLICACIONES

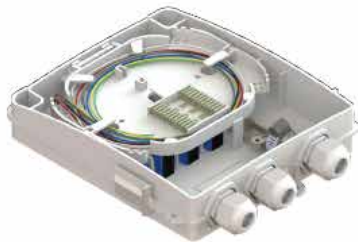
- Redes de telecomunicaciones.
- Transferencia de datos.
- CATV.
- LAN/WAN.
- Aplicaciones planta interna.
- FTTX.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Montaje exterior en pared.
- Compatible con acopladores SC y LC.
- Resistente a ambientes externos.
- Compatible con splitter tipo PLC.
- Compatible para cable exterior/interior.

NORMATIVAS

- ITU - T REC. L. 50.
- IP 66.



Nota: *Imágenes ilustrativas.

www.mexfoserv.com
soporte@mexfoserv.com

(33) 3898 2740

Adolf Horn # 1737-B Artesanos Industrial
Tlaquepaque, Jalisco México C.P 45610

ÚLTIMA REVISIÓN 22-Aug-2019 | 1



ANEXO R: ONT Huawei HG8240H

Device Parameters

| | | | |
|------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Dimensions (L x W x H) | 176 mm x 138.5 mm x 28 mm | System power supply | 11–14 V DC, 1 A |
| Weight | About 240 g | Static power consumption | 4 W |
| Operating temperature | 0°C to +40°C | Maximum power consumption | 7.8 W |
| Operating humidity | 5% RH to 95% RH (non-condensing) | Ports | 4GE + 2POTS |
| Power adapter input | 100 – 240 V AC, 50/60 Hz | Indicators | POWER/PON/LOS/LAN/TEL |

Interface Parameters

| GPON Port | Ethernet Port | POTS Port |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Class B+ • Receiver sensitivity: -27dBm • Wavelengths: US 1310 nm, DS 1490 nm • Wavelength blocking filter (WBF) • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA | <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning • Local switching/isolation based on Ethernet ports • Transparent transmission of IPv6 packets at Layer 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Maximum REN: 4 • G.711A/μ, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding • T.30/T.38/G.711 fax mode • DTMF • Emergency calls (with the SIP protocol) |

Product Function

| | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|---|---|
| Smart Service | <ul style="list-style-type: none"> • Association of one account with two POTS ports • L2 forwarding: 1G uplink, 2G downlink | Smart O&M | <ul style="list-style-type: none"> • Variable-length OMCI messages • Active/Passive rogue ONT detection and isolation • PPPoE/DHCP simulation testing • Call emulation, and circuit test and loop-line test | |
| Smart interconnection | <ul style="list-style-type: none"> • SIP/H.248 auto-negotiation | | Common O&M | <ul style="list-style-type: none"> • OMCI/Web UI • Dual-system software backup and rollback • 802.1ag Ethernet OAM • Optical link measurement and diagnosis • Loopback check |
| QoS | <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port rate limitation • 802.1p priority • SP/WRR/SP+WRR • Broadcast packet rate limitation • Flow mapping based on the VLAN ID, port ID, or/and 802.1p | Multicast | | <ul style="list-style-type: none"> • IGMP v2/v3 snooping • MLD v1/v2 snooping • Fast leave • VLAN tag translation, transparent transmission, and removal for downstream multicast packets • IGMP/MLD protocol packet rate limitation |
| Security | <ul style="list-style-type: none"> • MAC address filtering | | | |
| Power Saving | <ul style="list-style-type: none"> • Indicator power saving • Power consumption reduction of idle components in power-saving state • CoC v5 | | | |

