

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**IMPLEMENTACIÓN DE NUEVA RED HÍBRIDO DE FIBRA
COAXIAL MEDIANTE LA PLATAFORMA DE ACCESO
POR CABLE CONVERGENTE DE MANERA
DISTRIBUIDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

ELABORADO POR:

RENZO SALVADOR ESCOBAR ARIAS

ASESOR

ING. PAÚL FERNANDO TRONCOSO CASTRO

LIMA - PERÚ

2021

**IMPLEMENTACIÓN DE NUEVA RED HÍBRIDO DE FIBRA
COAXIAL MEDIANTE LA PLATAFORMA DE ACCESO
POR CABLE CONVERGENTE DE MANERA DISTRIBUIDA
EN LA CIUDAD DE HUANCAYO**

Agradezco a Dios por permitirme culminar este trabajo,
a mis Padres Salvador Escobar y Eva Arias,
hermanos (Johnny y Cinthia) por su apoyo incondicional,
A mi esposa Ruth Toledo,
y a mi alma mater por la excelente enseñanza.

SUMARIO

En el presente trabajo se desarrolla el diseño e implementación de una nueva red acceso fijo *Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)* para ofrecer los servicios empaquetados (Telefonía, Internet y Televisión) por cable coaxial, donde se asegura protección a nivel óptico mediante la solución denominada *Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)* en la ciudad de Huancayo.

La solución es necesaria debido a las limitaciones de la red de acceso tradicional Híbrido de fibra coaxial (HFC) implementadas en años anteriores al 2017, siendo este tipo de red acceso no escalable, se tiene un excesivo equipamiento que aumenta el riesgo de ocurrencias y el tiempo para detectar fallas o averías debido a su infraestructura, finalmente carece de protección.

El presente trabajo abarca los siguientes elementos:

- Plantear los requerimientos o antecedentes del trabajo, en donde se analiza la tendencia para los servicios de red de acceso fijo, y se explica la tecnología de red acceso tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).
- Implementar una topología, en donde se efectúa la arquitectura propuesta con la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).
- Dimensionar la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP), en donde se asigna el equipamiento físico que se utiliza en la planta interna y en la planta externa, se asigna los recursos lógicos para conectividad, las tecnologías *Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)* y *Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable versión 3.0 (DOCSIS v3.0)*
- Despliegue de equipamiento, instalación, configuración e integración de la solución.
- Validar la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) en planta interna, planta externa y servicios.
- Análisis económico y cronograma del trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Evaluación del Problema	3
1.2 Objetivos del trabajo	3
1.3 Alcance del trabajo.....	3
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)	6
2.1.1 Componentes de la red acceso fijo.....	7
2.1.2 Unidades de medición.....	10
2.2 Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON).....	13
2.2.1 Pilas del Protocolo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON).....	14
2.2.2 Principio de trabajo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) .14	¡Error!
Marcador no definido.	
2.2.3 Principio de transmisión Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)	17
2.2.4 Protección de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON).....	18
2.3 Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS).....	18
2.4 Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).....	19
2.4.1 Arquitectura de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	19
2.4.2 Descripción de dispositivos en la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	21
CAPÍTULO III	
EVOLUCIÓN DEL MERCADO TECNOLÓGICO PERUANO EN LA RED DE ACCESO FIJO	32
3.1 Planteamiento de requerimientos del trabajo	32
3.1.1 Tendencia por servicios para tecnología de red de acceso fijo	32
3.1.2 Tecnología en la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)	33
CAPÍTULO IV	
METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	36
4.1 Propuesta topologica de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	36
4.2 Dimensionamiento de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	37

4.2.1 Asignación de equipamiento físico	37
4.2.2 Asignación de recursos lógicos	41
4.3 Despliegue de equipamiento (Instalación y Configuración)	44
4.3.1 Instalación del Terminal de Línea Óptica (OLT) y sus componentes	44
4.3.2 Aterramiento y energizado del Terminal de Línea Óptica (OLT).....	49
4.3.3 Integración del Terminal de Línea Óptica (OLT) a la red de capa superior.....	53
4.3.4 Instalación de la Unidad de Red Óptica (ONU) a la red de acceso fijo	55
4.3.5 Integración de la Unidad de Red Óptica (ONU) a la red de acceso fijo.....	57
4.4 Validación de la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	59
4.4.1 Validación de la solución en planta interna	59
4.4.2 Validación de la solución en planta externa	73
4.4.3 Validación de los servicios empaquetados.....	87
CAPÍTULO V	
ANÁLISIS ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE TRABAJO	92
5.1 Estimación de costos del trabajo	92
5.2 Estimación de ingresos brutos	93
5.3 Cronograma del trabajo.....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
ANEXO A	
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	102
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS.....	105
ANEXO B	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Organización del trabajo.....	4
Tabla 2.1	Asignación de longitudes de onda	13
Tabla 2.2	Especificación de Interfaz para Servicio de Datos por Cable (DOCSIS)	16
Tabla 2.3	Funcionalidad de cada componente electrónico.....	20
Tabla 2.4	Función de cada módulo del modelo MA5633.....	23
Tabla 2.5	Descripción de los soportes	29
Tabla 3.1	Indicadores de conexiones de acceso a internet en el departamento Junín ..	30
Tabla 3.2	Indicadores de líneas de acceso telefónico fijo en el departamento Junín.....	31
Tabla 3.3	Indicadores del servicio de televisión por cable coaxial	31
Tabla 3.4	Indicadores del servicio de televisión en el departamento Junín	31
Tabla 3.5	Indicadores de reclamos de usuarios por servicio.....	33
Tabla 3.6	Indicadores de reclamos de usuarios por departamento	33
Tabla 4.1	Direccionamiento Protocolo de Internet (IP) de los tipos de subred	52
Tabla 4.2	Estado y Ubicación de componentes electrónicos	57
Tabla 4.3	Capacidad de 10 Gigabits por segundo (Gbps) del controlador principal.....	58
Tabla 4.4	Capacidad de 10 Gigabits por segundo (Gbps) del controlador protección ...	58
Tabla 4.5	Cualidades técnicas del módulo óptico para el enlace primario	59
Tabla 4.6	Cualidades técnicas del módulo óptico para el enlace de protección.....	60
Tabla 4.7	Prueba de conectividad en la subred autoprovisionamiento	66
Tabla 4.8	Prueba de conectividad en la subred gestión de cable modem	66
Tabla 4.9	Prueba de conectividad en la subred de telefonía.....	66
Tabla 4.10	Prueba de conectividad en la subred de internet residencial	67
Tabla 4.11	Prueba de conectividad en la subred de protocolo internet (IP) versión 6.....	67
Tabla 4.12	Prueba de conectividad en la subred de telefonía hacia el servidor Subsistema Multimedia IP (IMS)	68
Tabla 4.13	Dirección Protocolo de internet (IP) de los servidores Sistema de nombre de dominio (DNS)	68
Tabla 4.14	Prueba de conectividad en subred de usuario residencial hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) google.....	68
Tabla 4.15	Prueba de conectividad en subred de usuario empresarial hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) google.....	69
Tabla 4.16	Prueba de conectividad en subred de usuario empresarial hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) operador	69
Tabla 4.17	Dirección Protocolo de internet versión 6 (IPv6) de los servidores Sistema de nombre de dominio (DNS).....	69
Tabla 4.18	Prueba de conectividad en subred de usuario empresarial Protocolo de internet versión 6 (IPv6) hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) del operador.....	70
Tabla 4.19	Sesiones establecidas del Protocolo de puerta de enlace de frontera (BGP).70	

Tabla 4.20 Descripción del dispositivo MA5633	71
Tabla 4.21 Nivel óptico en puerto 0 del Conversor de Medio Coaxial.....	72
Tabla 4.22 Nivel óptico en puerto 1 del Conversor de Medio Coaxial.....	72
Tabla 4.23 Nivel óptico en los módulos Receptores Ópticos (Rx).....	72
Tabla 4.24 Protección de Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) tipo C	73
Tabla 4.25 Protección modo de trabajo 2SG-2TX	73
Tabla 4.26 Habilitación de frecuencias en transmisión ascendente.....	74
Tabla 4.27 Habilitación de frecuencias en transmisión descendente.....	75
Tabla 4.28 Modelo del terminal cable modem	81
Tabla 4.29 Terminal cable modem enlazado al nodo denominado HYHY004.....	82
Tabla 4.30 Aprovisionamiento del terminal cable modem	82
Tabla 4.31 Cualidades técnicas del terminal cable modem	83
Tabla 4.32 Sesión de llamada del teléfono fijo	88
Tabla 5.1 Gasto de capital (CAPEX)	90
Tabla 5.2 Gasto Operacional (OPEX)	91
Tabla 5.3 Cantidad de terminales cable módems en el nodo HYHY004	92
Tabla 5.4 Cronograma del trabajo parte 1	93
Tabla 5.5 Cronograma del trabajo parte 2	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Estructura de red de acceso Híbrido de Fibra Coaxial	4
Figura 2.2	Divisor Coaxial	5
Figura 2.3	Derivador Coaxial	6
Figura 2.4	Transmisor y Receptor Óptico	6
Figura 2.5	Amplificador bidireccional	7
Figura 2.6	Estructura del cable coaxial.....	7
Figura 2.7	Cable modem.....	8
Figura 2.8	Composición de la fibra óptica	8
Figura 2.9	Tipos de conectores de fibra óptica.....	9
Figura 2.10	Tipos de pulidos de férula.....	9
Figura 2.11	Divisor Óptico.....	10
Figura 2.12	Unidades de medición de potencia	10
Figura 2.13	Constelación Modulación de Amplitud en Cuadratura modo 64 (64QAM). 10	
Figura 2.14	Formula del cálculo de la Tasa de Error Modulación (MER)	11
Figura 2.15	Arquitectura general de la Red Acceso Fijo	11
Figura 2.16	Arquitectura de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	12
Figura 2.17	Estructura de pilas del protocolo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gibabit (GPON)	12
Figura 2.18	Estructura de trama Modo de Encapsulación GPON (GEM).....	13
Figura 2.19	Transmisión bidireccional sobre una misma fibra óptica	14
Figura 2.20	Flujo de datos en transmisión descendente.....	14
Figura 2.21	Flujo de datos en transmisión ascendente.....	15
Figura 2.22	Proteccion Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) tipo C.. 15	
Figura 2.23	Topología de la nueva Red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)	16
Figura 2.24	Arquitectura de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)	18
Figura 2.25	Arquitectura centralizada	19
Figura 2.26	Arquitectura distribuida	19
Figura 2.27	Dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo Huawei MA5800-X7. 20	
Figura 2.28	Componente electrónico controlador modelo H901MPLA.....	21
Figura 2.29	Componente electrónico de energía modelo H901PILA.....	21
Figura 2.30	Componente electrónico de servicio modelo H901GPHF	22
Figura 2.31	Estructura interna de la Unidad de Red Óptica (ONU) modelo MA5633 ... 22	
Figura 2.32	Estructura externa de la Unidad de Red Óptica (ONU) modelo MA5633 .. 23	
Figura 2.33	Módulo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON).....	24
Figura 2.34	Módulo Multiplexacion por División de Longitud de Onda (WDM)	24

Figura 2.35	Módulo Radiofrecuencia del modelo MA5633	25
Figura 2.36	Módulo de Receptor Óptico (Rx)	26
Figura 2.37	Módulo de Transmisor Óptico (Tx)	27
Figura 2.38	Duplexor	27
Figura 2.39	Módulo Extendido (Extend Module)	28
Figura 2.40	Filtro Pasa Bajo (LPF).....	28
Figura 2.41	Apariencia del Atenuador y Ecualizador (ATT/EQ).....	28
Figura 2.42	Comparación de espectro de radiofrecuencia	29
Figura 3.1	Conexiones de acceso a Internet fijo por tecnología de cable modem.....	30
Figura 3.2	Infraestructura de la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)	32
Figura 4.1	Topología extremo a extremo de la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).....	34
Figura 4.2	Topología de la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).....	35
Figura 4.3	Canalizado y asignación de puertos en planta interna	37
Figura 4.4	Ubicación y posición de dispositivos en planta interna.....	38
Figura 4.5	Asignación de puertos en el nodo óptico dispositivo MA5633.....	39
Figura 4.6	Canales en transmisión ascendente (upstream).....	41
Figura 4.7	Canales en transmisión descendente (downstream).....	41
Figura 4.8	Descripción de interfaces lógicas	42
Figura 4.9	Instalación del Terminal de Línea Óptica (OLT) y componentes	42
Figura 4.10	Instalación y cableado de fibras ópticas en componentes H902MPLA.....	43
Figura 4.11	Instalación y cableado de fibras ópticas en componentes H901GPHF	43
Figura 4.12	Instalación y cableado de fibras ópticas en el divisor óptico primario	44
Figura 4.13	Instalación y cableado de fibras ópticas en el divisor óptico secundario....	44
Figura 4.14	Cableado de fibras ópticas en la fuente de televisión.....	45
Figura 4.15	Instalación y cableado de fibras ópticas en dispositivo WDMr.....	46
Figura 4.16	Cableado de cuatro fibras ópticas en el Distribuidor de fibra óptica (ODF).....	47
Figura 4.17	Aterramiento del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800	47
Figura 4.18	Aterramiento del gabinete.....	48
Figura 4.19	Conexión de cable tierra (GND) a la barra de tierra	48
Figura 4.20	Fuente de energía lado A y B.....	49
Figura 4.21	Componentes electrónicos de energía modelo H901PILA.....	49
Figura 4.22	Medición de voltaje en el componente principal de energía H901PILA	50
Figura 4.23	Medición de voltaje en el componente protección de energía H901PILA..	50
Figura 4.24	Medición de amperaje en el componente de energía H901PILA	50
Figura 4.25	Sesiones de Protocolo de Puerta de enlace de Frontera (BGP)	51
Figura 4.26	Energizado del dispositivo MA5633	53
Figura 4.27	Cableado coaxial al puerto energía (POWER) con conector tipo F	53

Figura 4.28	Cableado de fibras ópticas en el módulo Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON)	54
Figura 4.29	Cableado de fibras ópticas en módulos Transmisor y Receptor Óptico	55
Figura 4.30	Calibración en el módulo Radiofrecuencia (RF)	56
Figura 4.31	Configuración modo (SG_1) en el módulo extendido	56
Figura 4.32	Fuente de luz roja	60
Figura 4.33	Emisión de luz roja en la fibra óptica de la fuente de televisión	61
Figura 4.34	Salida de luz roja en la fibra óptica del multiplexor (WDMr)	61
Figura 4.35	Salida de luz roja en la fibra óptica del divisor óptico (splitter)	61
Figura 4.36	Microscopio de fibra óptica modelo Multitester EXFO	62
Figura 4.37	Prueba microscopia en las fibras ópticas de las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) de los enlaces principal y protección.....	62
Figura 4.38	Prueba microscopia en las fibras ópticas de las señales de televisión de los enlaces principal y protección	63
Figura 4.39	Medición de potencia óptica de las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) del enlace primario.....	63
Figura 4.40	Medición de potencia óptica de las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) del enlace de protección	64
Figura 4.41	Medición de potencia óptica de las señales de televisión en el enlace primario.....	64
Figura 4.42	Medición de potencia óptica de las señales de televisión en el enlace de protección	65
Figura 4.43	Habilitación y configuración del analizador DSAM	76
Figura 4.44	Conexión al puerto radiofrecuencia (RF) de prueba.....	76
Figura 4.45	Testeo de señales radiofrecuencia.....	76
Figura 4.46	Espectro completo de radiofrecuencia	77
Figura 4.47	Parámetros de las señales con Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0	77
Figura 4.48	Frecuencias de transmisión ascendente canal U1 y U2.....	78
Figura 4.49	Frecuencias de transmisión ascendente canal U3 y U4.....	78
Figura 4.50	Frecuencias de transmisión descendente canal D5 y D14.....	79
Figura 4.51	Pendiente del espectro de señales de televisión por cable (CATV).....	79
Figura 4.52	Control de acceso al medio (MAC) del terminal cable modem.....	80
Figura 4.53	Dispositivo cable modem en línea.....	80
Figura 4.54	Terminal cable modem conectado al dispositivo MA5633.....	81
Figura 4.55	Ubicación geográfica del nodo HYHY004	84
Figura 4.56	Ubicación del dispositivo MA5633.....	84
Figura 4.57	Habilitación de los cuatro puertos radiofrecuencia	85
Figura 4.58	Infraestructura del nodo denominado HYHY004	85
Figura 4.59	Laptop conectada al terminal cable modem	86
Figura 4.60	Prueba de velocidad con paquete de internet de 300Mbps /97Mbps	86

Figura 4.61	Prueba de velocidad con paquete de internet de 100Mbps /15Mbps	87
Figura 4.62	Teléfono fijo conectado al cable modem.....	87
Figura 4.63	Dispositivo terminal DVR conectado al televisor.....	88
Figura 4.64	Transmision de canal de televisión	89
Figura 4.65	Servicio de interactividad de video sobre demanda (VoD).....	89
Figura 5.1	Precio del servicio empaquetado	91

INTRODUCCIÓN

En la última década se viene realizando un cambio de tecnología en las redes de acceso fijo. La tecnología xDSL (Línea de abonado digital x) se cambia a la tecnología Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) que ofrece mayor ancho de banda.

El operador Claro opta por la tecnología, red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC), que, si bien mejora su ancho de banda, todavía no es capaz de soportar la capacidad al gran incremento de usuarios que solicitan los servicios empaquetados (Telefonía, Internet y Televisión), ni tener algún mecanismo de protección a recurrentes averías.

Es necesario indicar que la red tradicional de acceso Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) es una Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Centralizada (C-CCAP), se presenta desventajas como, por ejemplo, su red no es adaptable ni escalable siendo aspectos importantes debido al constante crecimiento de la tecnología.

La cantidad de equipamiento está compuesto por diferentes dispositivos independientes, se tiene una infraestructura amplia con una distribución Coaxial – Óptico – Coaxial que aumenta los recursos económicos para el mantenimiento de estos dispositivos del operador Claro.

Finalmente, esto genera una mala experiencia en los usuarios de la ciudad de Huancayo, se reporta una gran cantidad de reclamos de los usuarios que afecta con sanciones o multas al operador Claro por parte del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL).

Por lo tanto, el operador Claro opta por ofrecer una tecnología con infraestructura de menor costo y mejores cualidades técnicas. Esto se asegura mediante la solución de la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) denominada Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) con las principales ventajas:

- Escalabilidad de la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).
- Protección a nivel óptico de la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).
- Reducción en equipamiento de la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).

El trabajo se organiza en cinco capítulos principales:

- Capítulo I “Planteamiento de Ingeniería del problema”. – Se plantea la evaluación del problema, se precisa el objetivo y alcance del trabajo.
- Capítulo II “Marco teórico conceptual”. - Cuyo propósito es explicar los conceptos relacionados a la solución: Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) (Componentes, unidades de medición del nivel de potencia, equipamiento), Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit (GPON) (Definición, protocolo, estructura de la trama Método de Encapsulación GPON (GEM), técnicas o mecanismos GPON y protección de red), Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable versión 3.0 (DOCSIS 3.0) (Modelo jerárquico de protocolo DOCSIS 3.0, tecnologías claves), Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) (Descripción de dispositivos, arquitectura y topología de la solución propuesta)
- Capítulo III “Evolución del mercado tecnológico peruano en la red de acceso fijo”. – Se explica el requerimientos y antecedentes del trabajo.
- Capítulo IV “Metodología para la solución del problema”. - Se explica el desarrollo de la solución:
 - Topología de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).
 - Dimensionamiento la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) (Asignación de equipamiento físico, asignación de recursos lógicos).
 - Despliegue de equipamiento de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) (Instalación, Configuración e Integración).
 - Validación de la solución en planta interna, validación en planta externa y validación final de servicios fijos empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial.
- Capítulo V “Análisis Económico y Cronograma de trabajo”. - Se explica el Gastos en Capital (CAPEX), Gastos Operacionales (OPEX) y cronograma desde su planificación hasta su aceptación del trabajo.

Las fuentes bibliográficas para el desarrollo del presente informe constan de documentos Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) y tecnología HUAWEI.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se plantea el problema de ingeniería, se precisa el objetivo y el alcance del trabajo.

1.1 Evaluación del Problema

Los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Cable) que ofrece la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) de la operadora genera una mala experiencia en los usuarios de la ciudad de Huancayo debido a tantos cortes o averías de los servicios que se presentan rutinariamente en la red, llevando a realizar bastantes reclamos por parte de los usuarios. Esto afecta principalmente a la operadora con sanciones económicas por parte del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) y también la disminución de los usuarios de la operadora Claro, que prefieren los mismos servicios empaquetados con mejores cualidades técnicas de diferentes operadoras.

Los problemas técnicos y económicos que se presenta en la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) son las siguientes:

- No adaptables ni escalables en el constante crecimiento de la tecnología.
- Arquitectura de red centralizada, siendo una distribución coaxial-óptica-coaxial unidireccional, limitadas en capacidad que incrementa el riesgo de ocurrencia de fallas y el excesivo equipamiento para satisfacer la demanda de usuarios en la ciudad de Huancayo.
- Mayores recursos económicos de la operadora para el mantenimiento de la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).
- Carece de protección el cual afecta los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión).

1.2 Objetivo del trabajo

Garantizar el funcionamiento óptimo de los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) de la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) en la ciudad de Huancayo mediante la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) que presenta las principales ventajas:

- Protección a nivel óptico de la red de acceso Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).
- Escalabilidad de la red de acceso Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).
- Reducción de equipamiento y tiempo en la detección de averías de la red de acceso

Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).

1.3 Alcance del trabajo

El presente trabajo tiene los siguientes alcances:

- Plantear los requerimientos del trabajo.
- Implementar una topología y dimensionar la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) para un Terminal de Línea Óptica (OLT) y una Unidad de Red Óptica (ONU) que beneficia a un promedio de 500 usuarios en la ciudad de Huancayo.
- Desplegar el equipamiento (Instalación, Configuración e Integración) por el proveedor Huawei.
- Validar la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) mediante un cable modem de pruebas que simula a un usuario, para posteriormente ponerlo en servicio comercial. El trabajo se realizó en un periodo de 3 meses desde el 02 de abril al 30 de junio del 2018.
- Análisis económico y cronograma de trabajo, se tiene un costo estimado de planificación e implementación de 59,989.85 mil soles, y un costo estimado de mantenimiento anual de 34,000.00 mil soles financiado por la operadora Claro. Se detalla el cronograma desde su planificación hasta la aceptación a través de un diagrama de Gantt.

Se organiza la ejecución del trabajo de la siguiente manera, tabla N° 1.1.

TABLA N° 1.1 Organización del trabajo

Fuente: Propia

EMPRESA	FUNCION	ACTIVIDAD
CLARO	Jefe Integración de Servicios Fijos	Encargado de trabajo y aceptar la solución.
CLARO	Analista de Integración	Coordinador del desarrollo del trabajo.
CLARO	Supervisor de Planta Interna	Encargar de validar la implementación e integración de la solución en planta interna.
CLARO	Supervisor de Planta Externa	Validar la implementación e integración de la solución en planta externa.
CLARO	Jefe Operaciones y Mantenimiento	Encargado de validar, monitorear y brindar el servicio de manera óptima.
HUAWEI	Gerente de Productos	Encargado de ventas de los dispositivos Huawei.
HUAWEI	Gerente del Servicio	Encargado de trabajo y aceptar la solución.
HUAWEI	Ingeniero Experto	Un ingeniero experto encargado de implementar, integrar, comisionar y validar la solución.
HUAWEI	Técnicos	Dos técnicos que apoyan al ingeniero experto.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se explican los conceptos relacionados a la solución: Híbrido de Fibra Coaxial (HFC), Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit (GPON), Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS), Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).

2.1 Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)

Es una tecnología de red de acceso fijo utilizada para proporcionar servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial a los usuarios. La tecnología HFC es resultado de la evolución y origen de la Televisión por Cable (CATV).

Para aumentar la capacidad del sistema, confiabilidad, calidad de imagen, resistencia a la interferencia de ruido y para reducir costos de mantenimiento las operadoras de Televisión por Cable (CATV) reemplazaron grandes porciones de sus planos totalmente coaxiales con fibra. La red de Televisión por Cable (CATV) modificada de esta manera se denomina Híbrido de Fibra Coaxial (HFC).

Con el incremento de demanda del internet se necesita una comunicación bidireccional a través de la infraestructura de Televisión por Cable (CATV) para proporcionar acceso de internet a los usuarios de la red de Televisión por Cable (CATV). Se tiene en cuenta que parte de la distribución coaxial se reemplaza por fibra óptica y la red Híbrido de Fibra Coaxial responde a tal demanda.

En esta década la red Híbrido de Fibra Coaxial ofrece un gran ancho de banda y amplía su funcionalidad para ofrecer los servicios empaquetados, es decir transmisión de Televisión, Internet y Telefonía sobre Protocolo de Internet (IP) por cable coaxial. [1]. Ver figura 2.1.

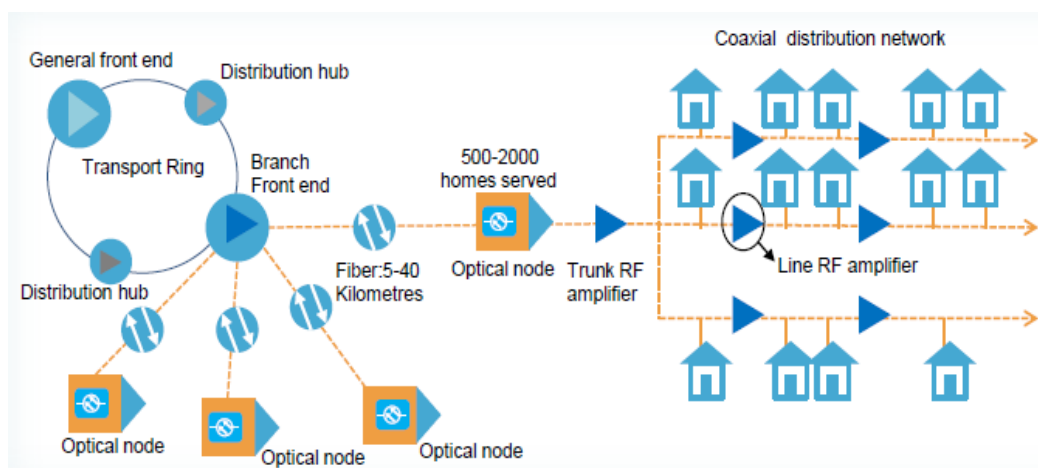


Figura 2.1 Estructura de red de acceso Híbrido de Fibra Coaxial

Fuente: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8246305>

La red Híbrido de Fibra Coaxial se compone por lo siguiente:

- Extremo Frontal General (General front end): Procesa las señales a transmitir en una red de Televisión por Cable (CATV). Se incluye señales inalámbricas, recibidas por antenas y señales de programas auto-patrocinados.
- Concentrador de Distribución (Distribution Hub): Recibe las señales de internet y telefonía sobre Protocolo de Internet (IP).
- Extremos Frontal de Ramificación (Branch front end): Combina las señales del programa de televisión enviadas desde el General front-end y las señales del internet, telefonía sobre Protocolo de Internet (IP), en un solo canal y luego se envía las señales combinadas a los nodos ópticos.
- Nodo Óptico (Optical Node): Se conecta a una red de distribución coaxial, convierte las señales ópticas a señales eléctricas y viceversa.
- Red de Distribución Coaxial (Coaxial Distribution Network): Es el medio de transmisión de las señales de radio frecuencia mediante el estándar Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0.

2.1.1 Componentes de la Red Acceso Fijo

Sus componentes son:

a. Divisor (Splitter) Coaxial:

Principalmente utilizado en el interior de un hogar. Distribuye la señal de radio frecuencia por varias salidas de manera uniforme con similar potencia. Ver figura 2.2.

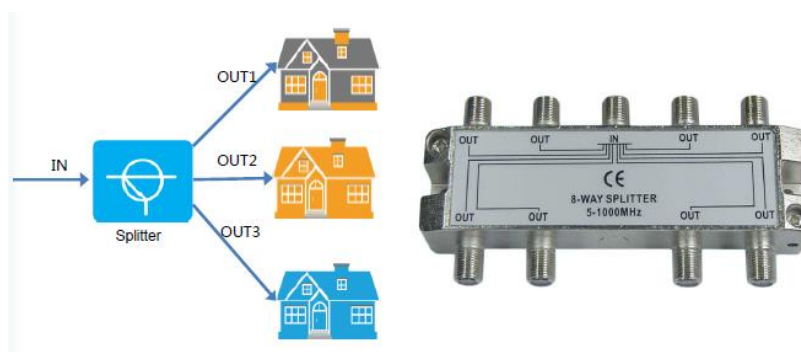


Figura 2.2: Divisor Coaxial

Fuente: Documentación Huawei

b. Derivador (Tap) Coaxial:

Principalmente utilizado en una red troncal de distribución coaxial. Puede derivar las señales con una pequeña pérdida de inserción. Distribuye la señal radio frecuencia de manera no uniforme por varias salidas con diferente potencia. Ver figura 2.3.

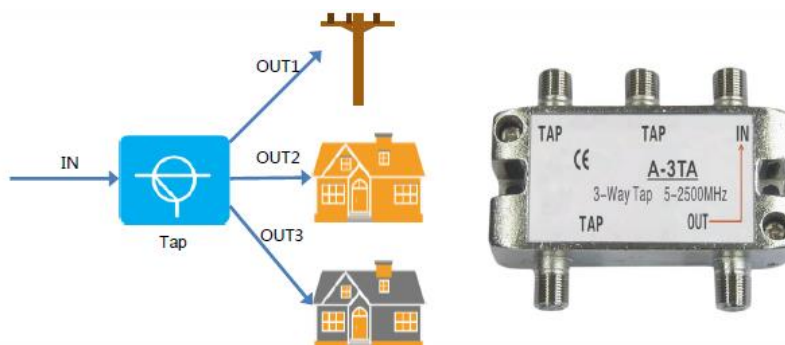


Figura 2.3 Derivador Coaxial

Fuente: Documentación Huawei

c. Transmisor y Receptor Óptico (Optical Rx/Tx):

Dispositivo utilizado para conversión Óptica/Eléctrica (O/E) y Eléctrica/Óptica (E/O) de transmisiones descendentes (downstream) y ascendentes (upstream) de manera unidireccional. Denominado Transmisor y receptor óptico (Optical Rx/Tx)

En el sentido descendente se utiliza el receptor óptico, recibe la señal óptica y convierte en señal eléctrica emitiendo señales de radio frecuencia.

En el sentido ascendente se utiliza el transmisor óptico, recibe la señal eléctrica de radio frecuencia y convierte en señal óptica. Ver figura 2.4.

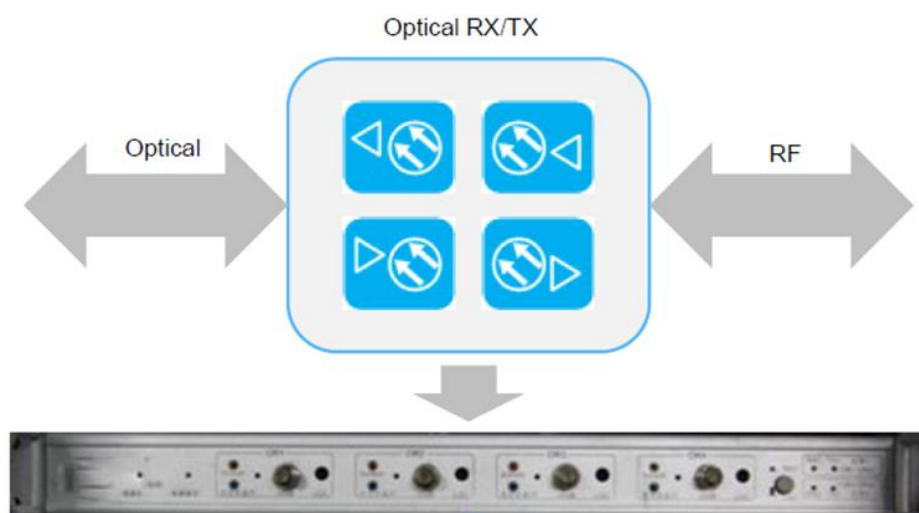


Figura 2.4: Transmisor y Receptor Óptico

Fuente: Documentación Huawei

d. Amplificador de Radio Frecuencia:

Amplifica las señales de radio frecuencia con el fin de optimizar los niveles de potencia y disminuir el ruido. Ver figura 2.5.

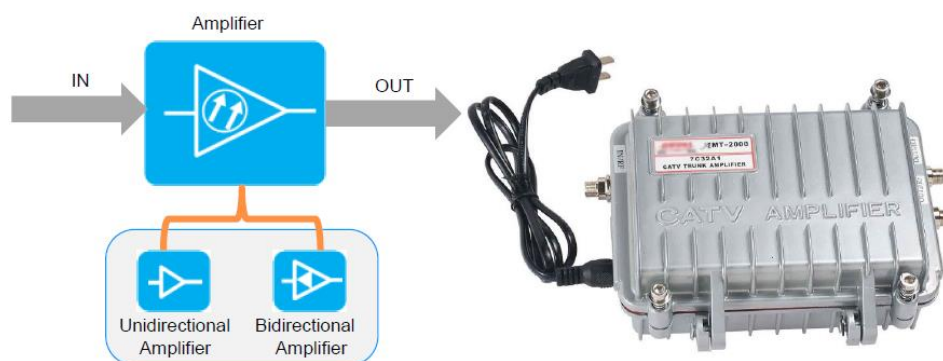


Figura 2.5: Amplificador bidireccional

Fuente: Documentación Huawei

e. Cable Coaxial:

Es el medio de comunicación para transmitir señales eléctricas, compuesto por un núcleo que es una línea de cobre duro, cubierta por una capa de materiales de aislamiento. Los materiales de aislamiento se cubren por conductores de malla densa, esta a su vez se cubre por una capa de materiales de protección. Ver figura 2.6.

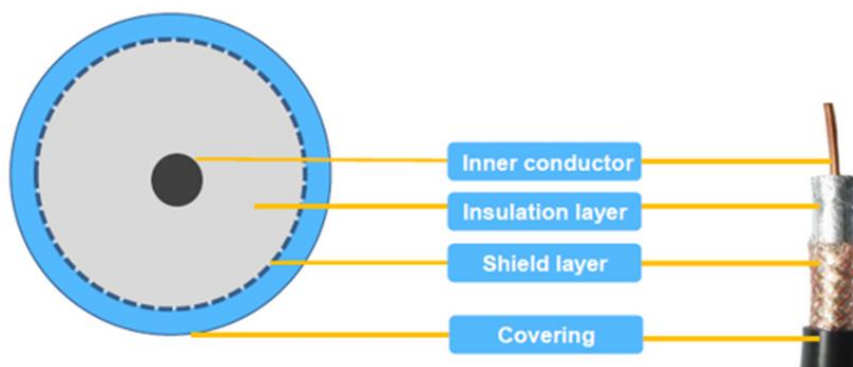


Figura 2.6: Estructura del cable coaxial

Fuente: Documentación Huawei

f. Cable Modem

Es el dispositivo terminal del usuario para acceder a los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial. Transmite y recibe datos a través de cable coaxial con las Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS). Ver figura 2.7.

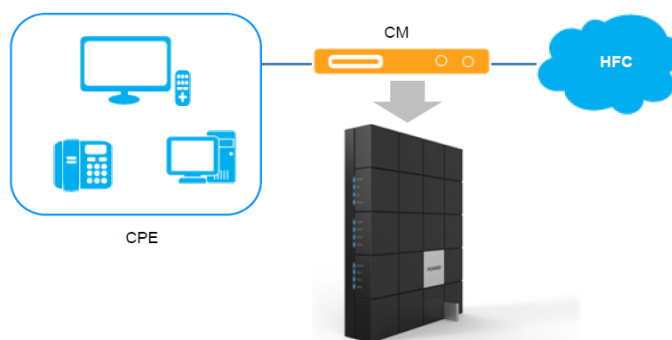


Figura 2.7: Cable modem

Fuente: Documentación Huawei

g. Fibra Óptica:

Es el medio de comunicación que transmite de señales ópticas a través de hilos delgados de fibra de vidrio o plástico extremadamente puro. La luz se guía hacia el centro de la fibra llamada núcleo (Core). El núcleo se rodea por un material óptico llamado revestimiento (Cladding) que atrapa la luz en el núcleo mediante una técnica llamada reflexión interna total.

La fibra se cubre por un amortiguador (Buffer), diseñada para proteger la fibra de la humedad y daño físico. Ver figura 2.8.

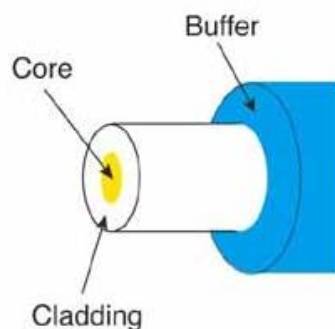


Figura 2.8: Composición de la fibra óptica

Fuente: Documentación Huawei

Existen dos tipos de fibras, multimodo y monomodo, que poseen propiedades geométricas y ópticas, siendo la fibra monomodo más utilizada por su mejor calidad de acuerdo al estándar Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) serie G.652.

h. Conectores Ópticos:

Los conectores ópticos son dispositivos metálicos o de plástico que permite adaptar los extremos de la fibra óptica para interconexión con puertos ópticos o empalmes entre fibras ópticas.

Existe diferentes tipos de conectores de mayor uso, el Conector Pequeño (LC), Conector de Suscriptor (SC) y Conector Férula (FC) por su baja atenuación medida en decibel (dB), y el tipo de pulido de la férula de la fibra óptica, Plana (Flat), Contacto Físico (PC), Ultra Contacto Físico (UPC) y Contacto Físico Angular (APC) por su baja pérdida de retorno (Back Reflection) que se mide en decibel (dB). Ver figura 2.9 y 2.10.



Figura 2.9: Tipos de conectores de fibra óptica

Fuente: <https://www.multiplay.com.pe/img/post%201%20img0.png>

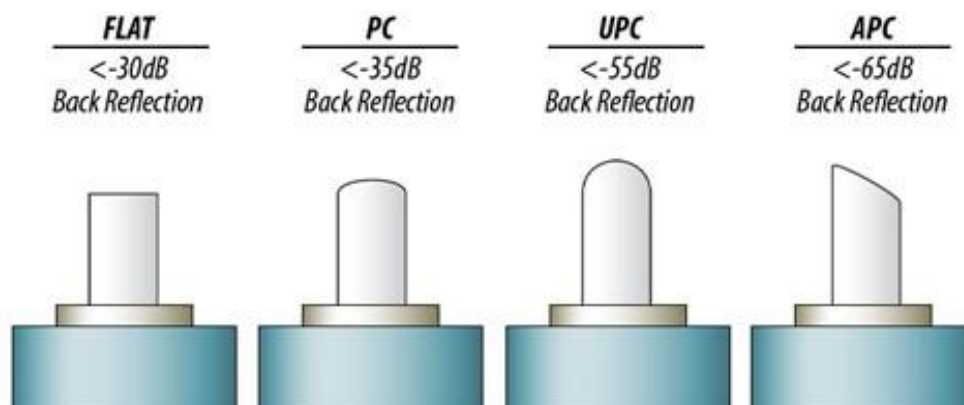


Figura 2.10: Tipos de pulidos de férula

Fuente: <https://www.c3comunicaciones.es/Fichas/Jumpers.pdf>

h. Divisor (Splitter) óptico

Es un componente pasivo que consiste de una entrada principal de fibra óptica y múltiples salidas de fibras ópticas. Ver figura 2.11.

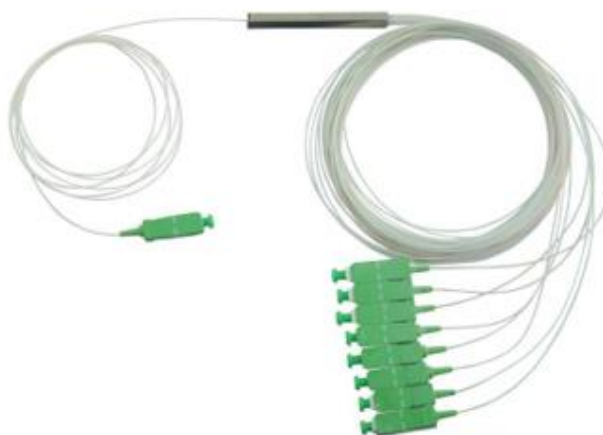


Figura 2.11: Divisor óptico

Fuente: Documentación Huawei

2.1.2 Unidades de medición

Las unidades de medición de niveles de potencia de señales radio frecuencia (RF) son decibelios en milivoltios (dBmV) o decibelios en microvoltios (dBμV). Ver figura 2.12.

$$\text{dBmV} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{out}}}{1 \text{ mV}} \right)$$

$$\text{dB}\mu\text{V} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{out}}}{1 \mu\text{V}} \right)$$

Figura 2.12: Unidades de medición de potencia

Fuente: Propia

a. Tasa de Error de Modulación (MER)

Representa la calidad de las señales digitales durante el proceso de modulación, transmisión, recepción y demodulación, expresado en decibel (dB). Ver figura 2.13.

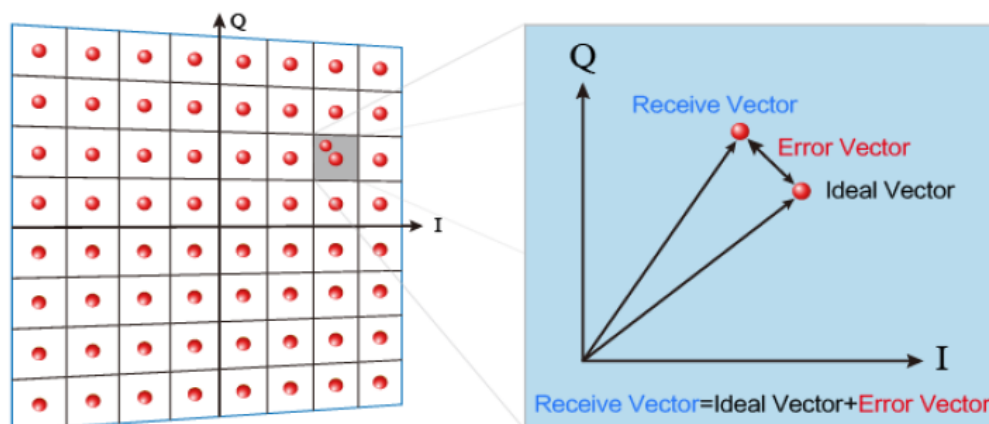


Figura 2.13: Constelación Modulación de Amplitud en Cuadratura modo 64 (64QAM)

Fuente: Documentación Huawei

I y Q son los puntos de datos en una imagen de fase de receptor de Modulación Amplitud en cuadratura (QAM) ideal. Delta I (δI) y Delta Q (δQ) son los errores entre los valores de los puntos de datos de recepción causados por degradación de la señal y los puntos de datos en la imagen de fase QAM ideal respectivamente. N, es el número de puntos de datos capturados durante el muestreo de datos. Ver figura 2.14.

$$MER_{dB} = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} dB$$

Figura 2.14: Formula del cálculo de la Tasa de Error Modulación (MER)

Fuente: Documentación Huawei

2.2 Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

Es una tecnología punto a multipunto (P2MP) de una Red Óptica Pasiva (PON), debido que el medio para la transmisión de señales ópticas son dispositivos pasivos cumpliendo con las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicación (ITU-T) serie G.984.1.

La arquitectura GPON principalmente consiste:

- Terminal de Línea Óptica (OLT) interconectado a una Unidad de Red Óptica (ONU) mediante una Red de Distribución Óptica (ODN).
- Interfaz de Nodos de Servicios (SNI) e Interfaz Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (IF GPON). Ver figura 2.15.
- Interfaz de Red del usuario (UNI).

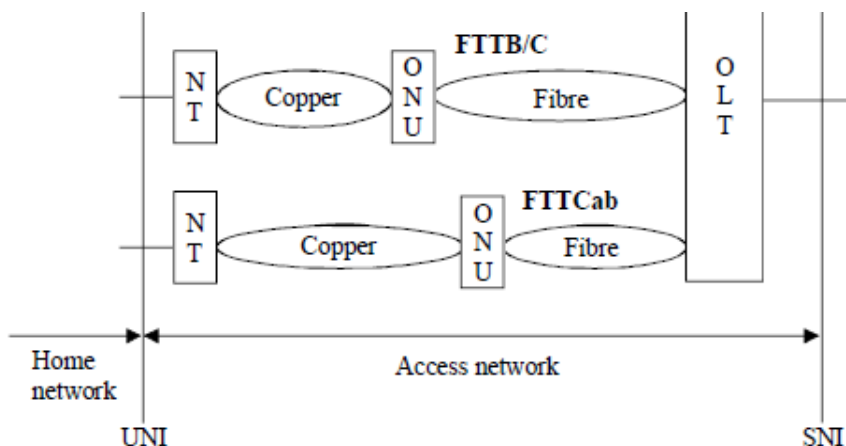


Figura 2.15: Arquitectura general de la Red Acceso Fijo

Fuente: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>

En base a la solución propuesta en el trabajo se integra la arquitectura de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) a la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP). Ver figura 2.16.

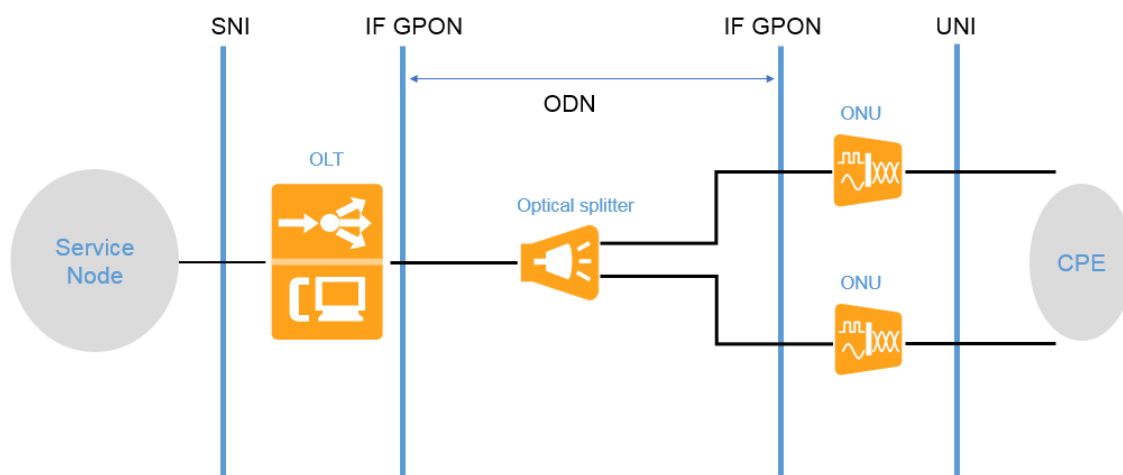


Figura 2.16: Arquitectura de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Fuente: Propia

2.2.1 Pilas del Protocolo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

La recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicación ITU-T serie G.984.3 define un conjunto de estructura de tramas y se considera los paquetes de servicios de telefonía, video e internet como carga útil de tramas GPON. Ver figura 2.17.

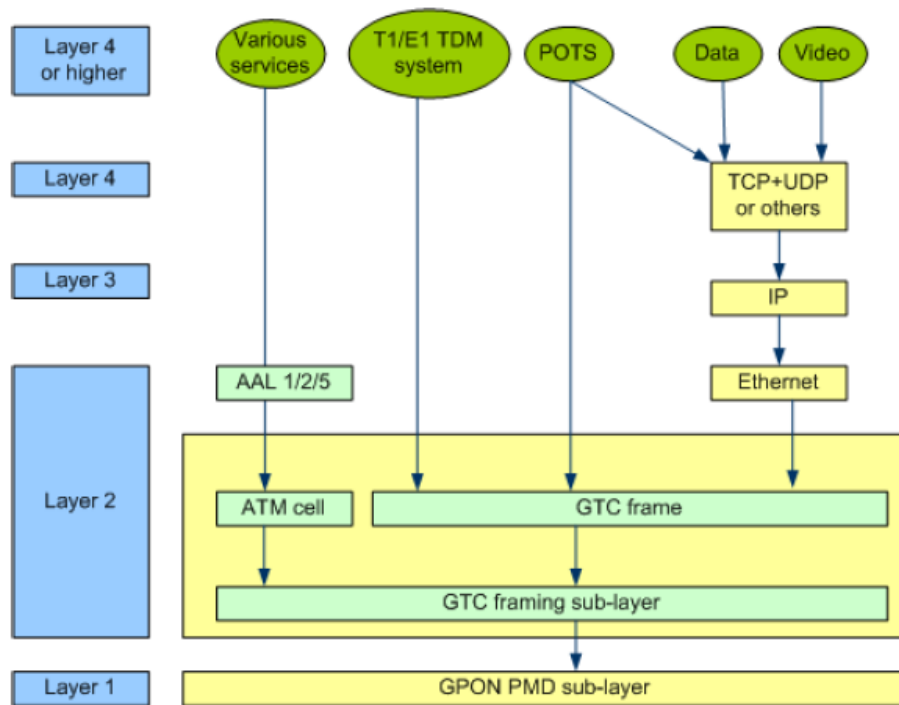


Figura 2.17: Estructura de pilas del protocolo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

Fuente: Documentación Huawei

Las Pilas del protocolo GPON se define en la capa 1 como protocolo GPON Dependiente de Medio Físico (PMD) y la capa 2 como protocolo Convergencia de Transmisión GPON (GTC).

El Modo de Encapsulación GPON (GEM) es la trama GPON con una longitud de 125µs. Las tramas ethernet se encapsulan en tramas GEM para su transmisión en la Red Óptica Pasiva (PON). Ver figura 2.18.

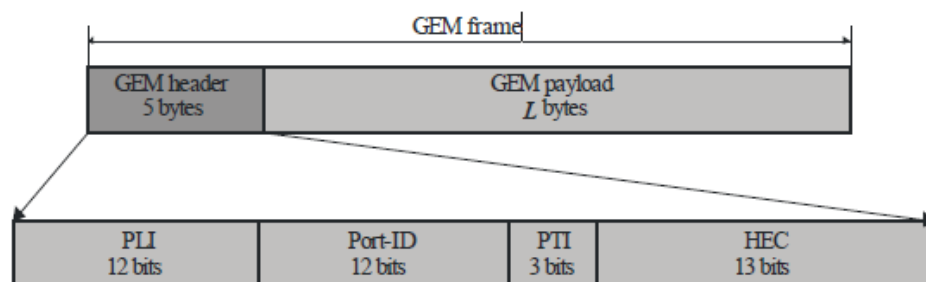


Figura 2.18: Estructura de trama Modo de Encapsulación GPON (GEM)

Fuente: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3-201401-I/es>

2.2.2 Principio de trabajo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

La tecnología GPON utiliza diferentes longitudes de onda en la transmisión ascendente y descendente transmite datos de forma bidireccional a través de la misma fibra óptica.

De acuerdo a las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones

(ITU-T) serie G.983.3 las señales ascendentes se transmiten con longitudes de onda entre [1260-1360] expresado en nanómetros (nm) como longitud de onda central 1350nm y señales descendentes se transmiten con longitudes de onda entre [1480-1500] expresado en nanómetros (nm) como longitud de onda central 1490nm.

TABLA N° 2.1: Asignación de longitudes de onda

Fuente: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.3-200103-I/es>

Elementos	Notación	Unidad	Valor nominal	Ejemplos de aplicación
Banda de longitudes de onda de 1,3 μm				Para uso en el sentido hacia el origen de la ATM-PON
Límite inferior	–	nm	1260	
Límite superior	–	nm	1360	
Banda de longitudes de onda intermedia				Para uso futuro – Banda reservada que incluye bandas de guarda para atribución por el UIT-T
Límite inferior	–	nm	1360	
Límite superior	λ_1	nm	1480	
Banda básica				Para uso en el sentido hacia el destino de la ATM-PON
Límite inferior	λ_1	nm	1480	
Límite superior	λ_2	nm	1500	
Banda de mejora (Opción 1)				Para uso en servicio digital adicional
Límite inferior	λ_3	nm	1539	
Límite superior	λ_4	nm	1565	
Banda de mejora (Opción 2)				Para servicio de distribución de video
Límite inferior	λ_3	nm	1550	
Límite superior	λ_4	nm	1560	

Se hace una descripción grafica de la transmisión bidireccional de la data y unidades para transportar la data. Ver figura 2.19.

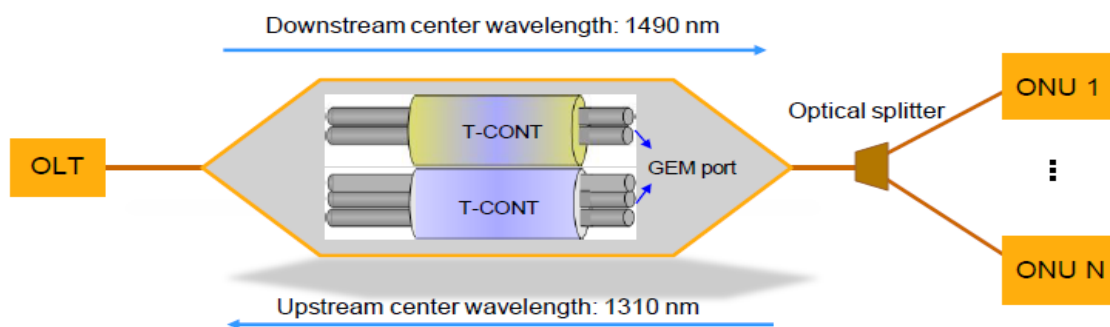


Figura 2.19: Transmisión bidireccional sobre una misma fibra óptica

Fuente: Documentación Huawei

- Puerto GEM (GEM port), es la unidad mínima para transportar datos en la transmisión descendente (Downstream).
- T-CONT, es una unidad de control de flujo de transmisión ascendente (Upstream).

2.2.3 Principio de transmisión Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

El principio de transmisión de las tramas depende de la dirección en que se transmite los datos.

En la dirección descendente, los datos son transmitidos en manera masiva a todos los receptores (Broadcast). La Unidad de Red Óptica (ONU) recibe los datos deseados de acuerdo al Identificador (ID) del puerto GEM (GEM port). Ver Figura 2.20.

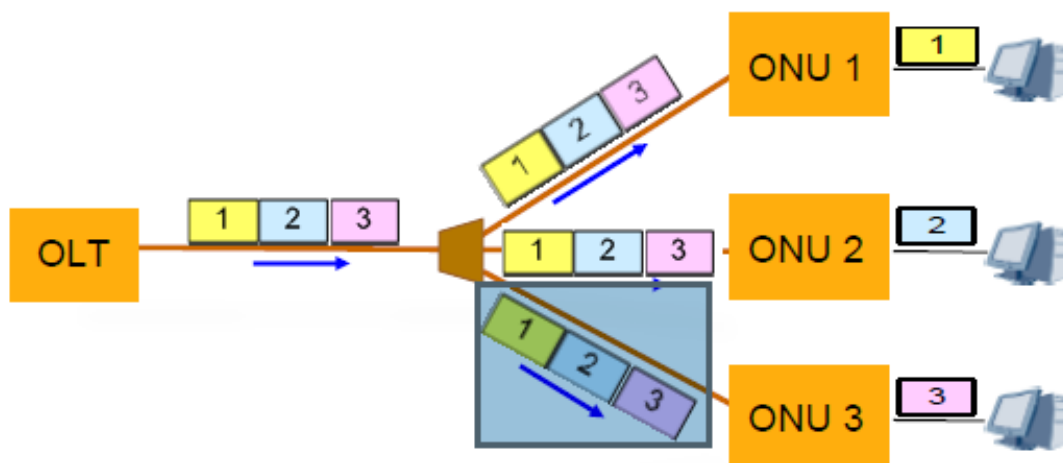


Figura 2.20: Flujo de datos en transmisión descendente

Fuente: Documentación Huawei

En la dirección ascendente, los datos se transmiten en modo Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA). En este modo, se asignan múltiples espacios de tiempo (Time slots) a un enlace ascendente. La Unidad de Red Óptica (ONU) transmite datos en función a las ranuras de tiempo (Time slots) que se le asigna. Esto evita conflictos de datos. Ver figura 2.21.

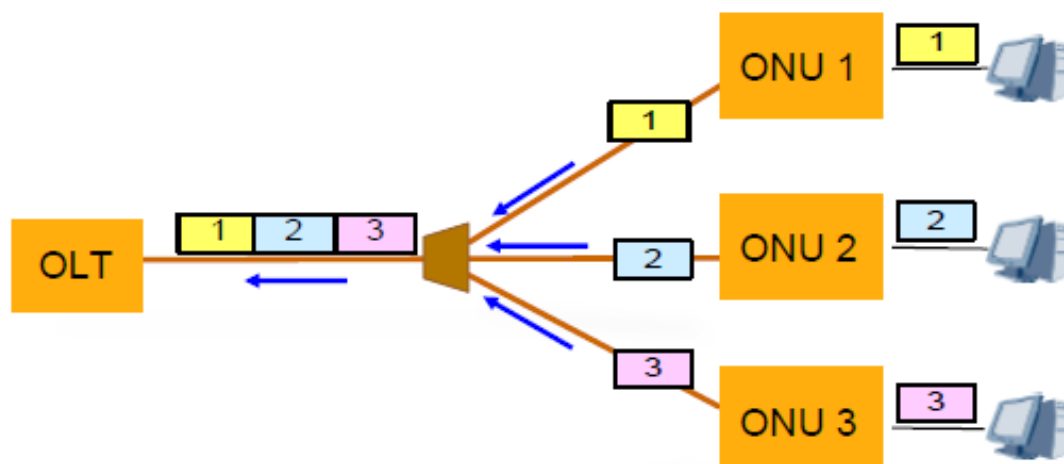


Figura 2.21: Flujo de datos en transmisión ascendente

Fuente: Documentación Huawei

2.2.4 Protección de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

De acuerdo al estándar de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) serie G.984.1 en el sistema GPON se define la protección tipo C.

Se utiliza diferentes interfaces GPON tanto del lado del Terminal de Line Óptica (OLT) como del lado de la Unidad de Red Óptica (ONU). En esta configuración, la recuperación de una falla en cualquier punto es posible al cambiar a las instalaciones de reserva. Por lo tanto, permite una alta confiabilidad. Ver figura 2.22

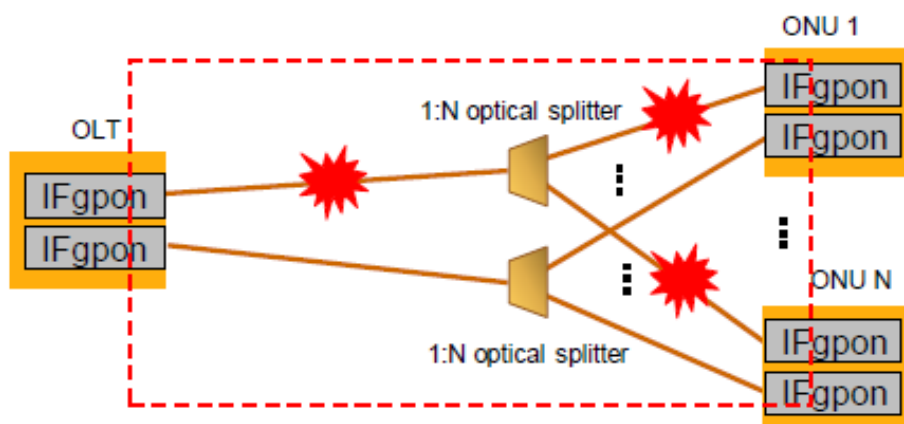


Figura 2.22: Protección Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) tipo C

Fuente: Documentación Huawei

2.3 Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0

Define los requisitos de interfaces para cable módems que se utiliza en la distribución de datos de alta velocidad para redes de sistemas de televisión por cable.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) serie J.222.2 define una serie de Especificaciones de Interfaz de Servicios de Datos por Cable versión 3.0.

TABLA N° 2.2 Especificación de Interfaz para Servicio de Datos por Cable (DOCSIS)

Fuente: Propia

Versión de la Especificación de Interfaz para Servicio de Datos por Cable (DOCSIS)	Descripción
DOCSIS 3.0 (ITU-T J.222.2)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Soporta Protocolo de Internet versión 6 (IPv6) y Calidad de Servicio (QoS) ➤ Soporta unión de canales que permite enlazar canales descendentes y ascendentes incrementando el ancho de banda a 160 Mbit/s y 120Mbit/s respectivamente. ➤ Orden de modulación 16/32/64/256 QAM y técnica de Multiplexacion por División de Tiempo (TDM) para transmisión descendente. ➤ Orden de modulación 64/256 QAM y Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) en transmisión ascendente.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ancho de Banda de 6.4MHz y rango de espectro de 5 a 42MHz en transmisión ascendente ➤ Ancho de Banda de 6MHz y rango de espectro de 53 a 1002MHz en transmisión descendente.
--	---

2.4 Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Plataforma de acceso por cable convergente de manera distribuida es una solución desarrollada por Huawei que consta de dos dispositivos activos, un Terminal de Línea Óptica (OLT) interconectado con una Unidad de Red Óptica (ONU) a través de un medio físico de fibra óptica.

Esta solución soporta diversas tecnologías y estándares como Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) y Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0. Ver Figura 2.23.

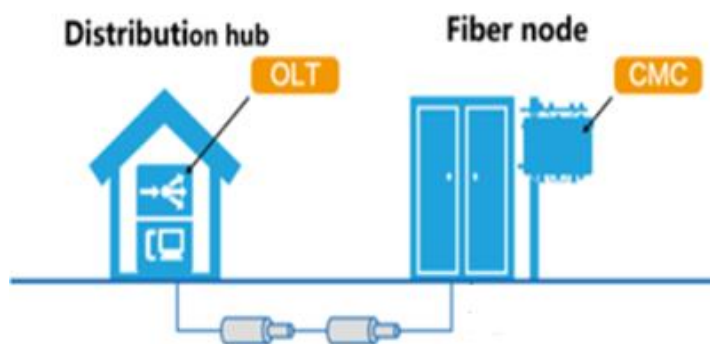


Figura 2.23 Topología de la nueva Red Híbrida de Fibra Coaxial (HFC)

Fuente: Documentación Huawei

- Terminal de Línea Óptica (OLT): Dispositivo de acceso de conmutación y enrutamiento de paquetes.

Dispositivo ubicado en el interno de un sitio, se representa por el modelo Huawei MA5800-X7.

- Conversor de Medio Coaxial (CMC): Dispositivo encargado de convertir señales ópticas a señales eléctricas de radio frecuencia y viceversa.

Dispositivo ubicado en el exterior comúnmente en postes, se representa por el modelo Huawei MA5633.

2.4.1 Arquitectura de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

La Arquitectura de Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) cumple con los requerimientos e interfaces, ofreciendo gran ancho de banda, compatible con diferentes dispositivos y protección de una red de acceso fijo. Ver figura 2.24.

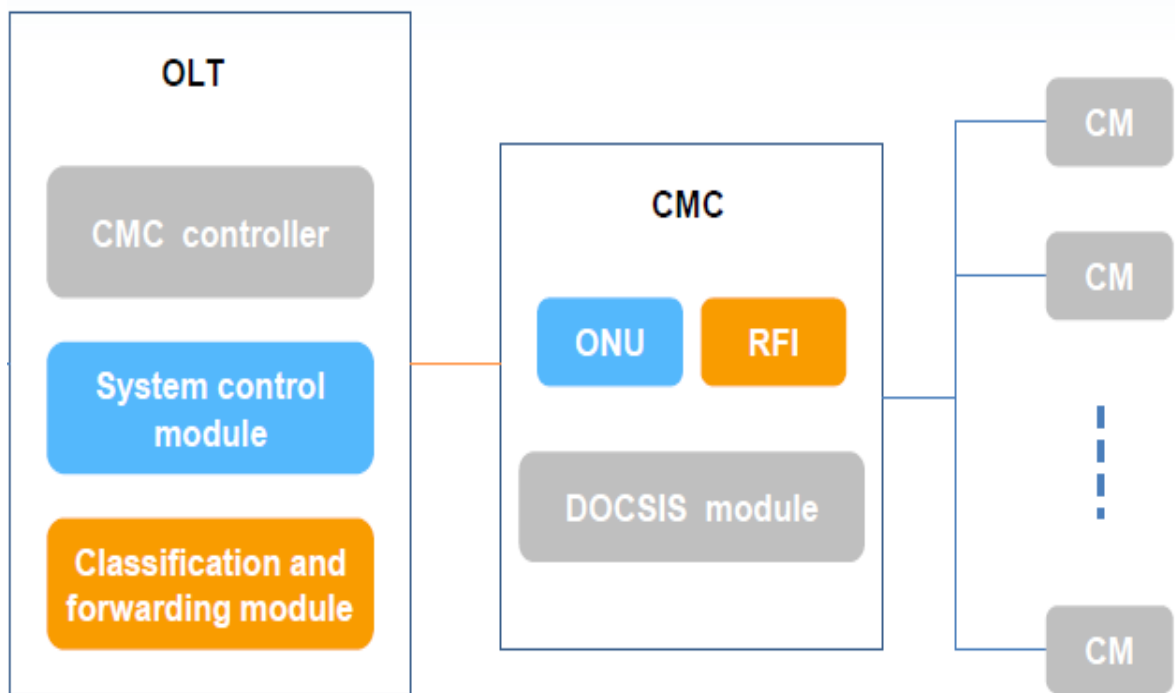


Figura 2.24 Arquitectura de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Fuente: Documentación Huawei

a. Terminal de Línea Óptica (OLT)

- **Controlador del Conversor de Medio Coaxial (CMC Controller):** Los dispositivos Conversor de Medio Coaxial (CMC) técnicamente denominados nodos ópticos o planos convergen hacia un Terminal de Línea Óptica (OLT) el cual tiene la capacidad de controlar los nodos.
- **Sistema del Módulo de Control (System control module):** Las tarjetas electrónicas controladoras y tarjetas electrónicas de servicio GPON cuenta con su propio módulo de control.
- **Módulo de clasificación y reenvío (Classification and forwarding module):** Debido que la tarjeta controladora y de servicio cuenta con su propio módulo de control distribuyendo la capacidad de procesamiento de conmutación y reenvío de paquetes del servicio. Convierte las tramas Modo de Encapsulación GPON (GEM) a tramas Gigaethernet y viceversa.

Todas estas funciones nos permiten denominar una Arquitectura Distribuida. Se realiza una comparación de una Arquitectura Centralizada y una Arquitectura Distribuida. Ver figura 2.25 y 2.26.

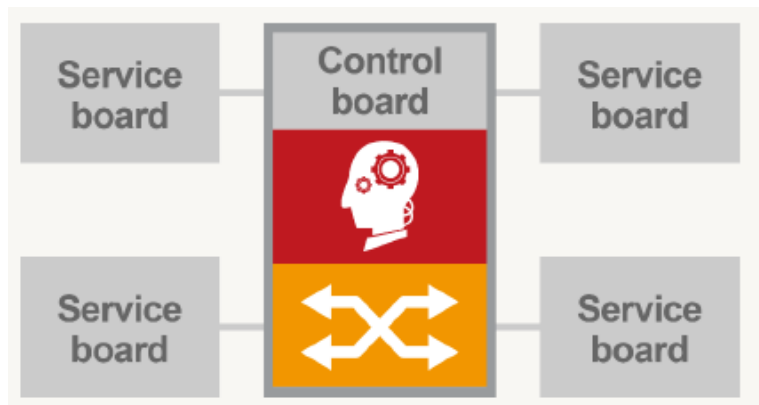


Figura 2.25 Arquitectura centralizada

Fuente: Documentación Huawei

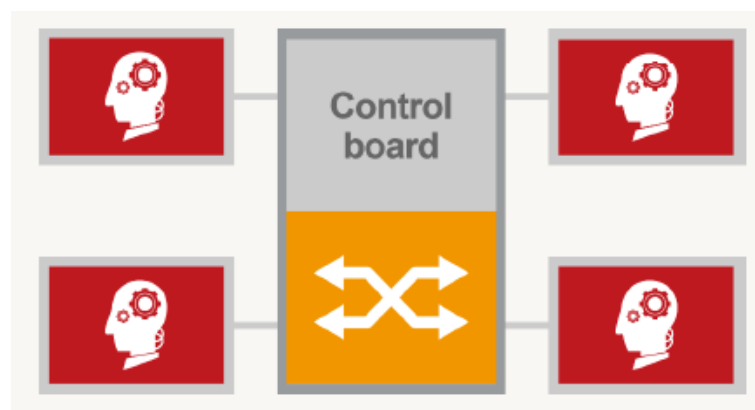


Figura 2.26 Arquitectura distribuida

Fuente: Documentación Huawei

b. Conversor de Medio Coaxial (CMC)

- Unidad de Red Óptica (ONU): Es el módulo de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON), a través de este módulo el dispositivo Conversor de Medio Coaxial (CMC) puede ser controlado por el Terminal de Línea Óptica (OLT).
- Módulo Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS): Es el módulo encargado de habilitar las señales de transmisión ascendentes y descendentes con estándar DOCSIS versión 3.0
- Interface Radiofrecuencia (RFI): Es la interfaz encargada de transmitir las señales de Radiofrecuencia (RF) a través de los puertos coaxiales.

2.4.2 Descripción de los dispositivos de la Plataforma de Acceso por Cable

Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Se describe los dispositivos y complementos envueltos en la solución del trabajo.

- Terminal de Línea Óptica (OLT) se representa por el modelo Huawei MA5800-X7.
- Conversor de Medio Coaxial (CMC) se representa por el modelo Huawei MA5633.

a. Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800-X7

Dispositivo ubicado en el interior de un sitio desarrollado por Huawei, es un dispositivo de enrutamiento, conmutación y procesamiento de los paquetes de servicios de arquitectura distribuida, se mejora el rendimiento y confiabilidad del dispositivo. Ver Figura 2.27.



Figura 2.27: Dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo Huawei MA5800-X7

Fuente: Documentación Huawei

Este modelo consta de un total de 12 ranuras donde se inserta los componentes electrónicos (board).

TABLA N° 2.3 Funcionalidad de cada componente electrónico

Fuente: Propia

Tipo de ubicación	Ubicación	Características
Componente electrónico controlador	8,9	Se tiene dos tarjetas electrónicas, una principal y otro de respaldo. Es la Interface hacia la red superior.
Componente electrónico de energía	10,11	Se encarga de energizar el dispositivo MA5800. Se tiene dos tarjetas electrónicas, una principal y otro de respaldo. Valor nominal -48 / -60voltios corriente continua (DC).
Componente electrónico de servicio	1-7	Transmision ascendente y descendente de señales de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

Para la solución propuesta en este trabajo se presenta los siguientes modelos Huawei de componentes electrónicos modelos H901MPLA, H901PILA y H901GPHF.

a.1 Componente electrónico controlador modelo H901MPLA

Es el núcleo de control del sistema, procesamiento, agregación y conmutación de los paquetes del servicio.

El modelo H901MPLA se comunica de manera lógica con todos los componentes electrónicos del Terminal de Línea Óptica (OLT) con el fin de indicarles su función respectiva y es la interfaz para la conexión física a los dispositivos de red superior. Ver Figura 2.28.



Figura 2.28: Componente electrónico controlador modelo H901MPLA

Fuente: Documentación Huawei.

Para este trabajo se utiliza los siguientes puertos:

- Puerto Ethernet (ETH): Se usa para gestión remota del dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) hacia servidores de monitoreo, se utiliza cable ethernet como medio físico.
- Puerto Receptor/ Transmisor (Rx/Tx) Ethernet: Se usa para recibir y transmitir el flujo total de paquetes ethernet de los servicios. Se conecta de manera física hacia dispositivos de red superior, se utiliza la fibra óptica como medio físico.

a.2 Componente electrónico de energía modelo H901PILA

Se encarga de energizar el dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) y componentes con un voltaje entre -48 / -60 voltios (v) corriente continua (DC). Ver figura 2.29.



Figura 2.29: Componente electrónico de energía modelo H901PILA

Fuente: Documentación Huawei

a.3 Componente electrónico de servicio modelo H901GPHF

Se encarga de transmitir y recibir las señales descendentes y ascendentes respectivamente de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON), consta de 16

puertos ópticos. Se conecta de manera física al Conversor de Medio Coaxial (CMC) a través de la Red Óptica Pasiva (PON). Ver figura 2.30.



Figura 2.30: Componente electrónico de servicio modelo H901GPHF

Fuente: Documentación Huawei

b. Unidad de Red Óptica (ONU) modelo MA5633

Convierte las señales ópticas a señales de radio frecuencia y viceversa. Para la solución se utiliza el modelo MA5633 que consta de cuatro puertos de salida de señales radiofrecuencia denominadas (RF OUT) puerto 1, 2, 3 y 4. Ver figura 2.31 y 2.32.

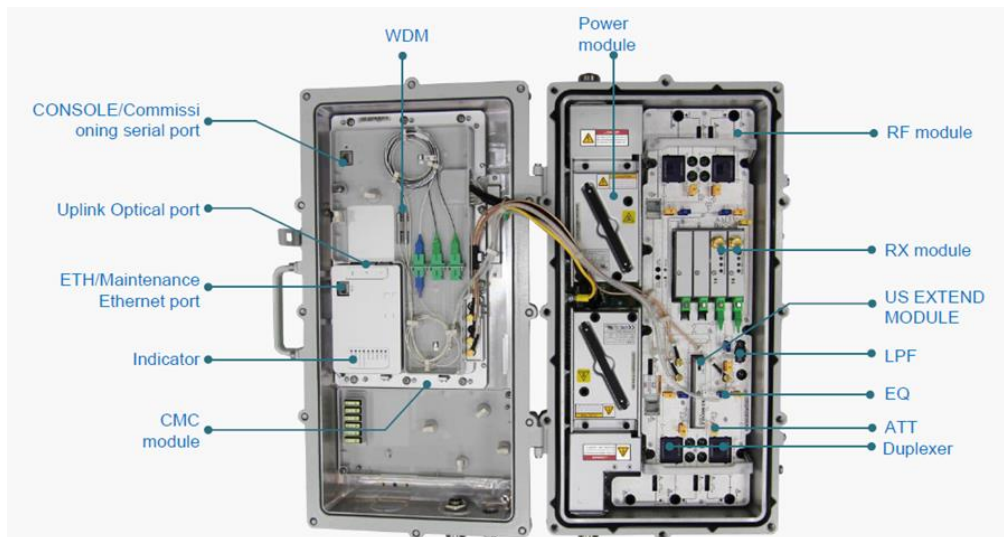


Figura 2.31 Estructura interna de la Unidad de Red Óptica (ONU) modelo MA5633

Fuente: Documentación Huawei



Figura 2.32 Estructura externa de la Unidad de Red Óptica (ONU) modelo MA5633

Fuente: Documentación Huawei

TABLA N° 2.4 Función de cada módulo del modelo MA5633

Fuente: Propia

Módulo	Función
Módulo Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)	Multiplexor de bandas de longitud de onda tanto en dirección ascendente como descendente.
Módulo GPON	Transmiten y reciben señales ópticas Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) por una misma fibra en diferentes bandas.
Modulo Conversor de Medio Coaxial (CMC)	Procesa la conversión entre señales ópticas y señales radiofrecuencia con estándar DOCSIS 3.0 para el servicios de datos y telefonía.
Modulo Receptor Óptico (Rx) y Transmisor Óptico (Tx)	Procesa la conversión entre señales ópticas y señales radiofrecuencia para el servicios de Televisión por Cable (CATV).
Modulo Radio Frecuencia (RF)	Habilita las señales radiofrecuencia DOCSIS 3.0. Usa un combinador para transmitir en conjunto las señales DOCSIS y CATV.
Módulo de Energía (Power)	Energiza el dispositivo con un voltaje de entrada de 90 voltios(v) corriente alterna (AC). Convierte el voltaje de corriente alterna (AC) a 24 voltios(v) y 12 voltios(v) corriente continua (DC) requerido por los módulos internos.

b.1 Módulo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

Dispositivo que recibe y transmite la señal óptica descendente y ascendente respectivamente.

Cuenta con dos puertos ópticos interconectados hacia los puertos ópticos del Terminal de Línea Óptica (OLT).

Puerto 0, se utiliza para enlace principal.

Puerto 1, se utiliza para enlace de respaldo.

Las longitudes de ondas en transmisión ascendente es 1310 nanómetros(nm) y en transmisión descendente es 1490 nanómetros (nm). Ver figura 2.33.



Figura 2.33 Módulo Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)

Fuente: Documentación Huawei

b.2 Módulo Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)

Dispositivo pasivo que multiplexa las señales ópticas con diferentes longitudes de onda y las envía en un solo canal a través de una fibra óptica.

En la solución propuesta se utiliza para multiplexar las señales de Televisión en banda de 1310nm transmisión descendente y en banda de 1550nm transmisión ascendente. Ver figura 2.34.

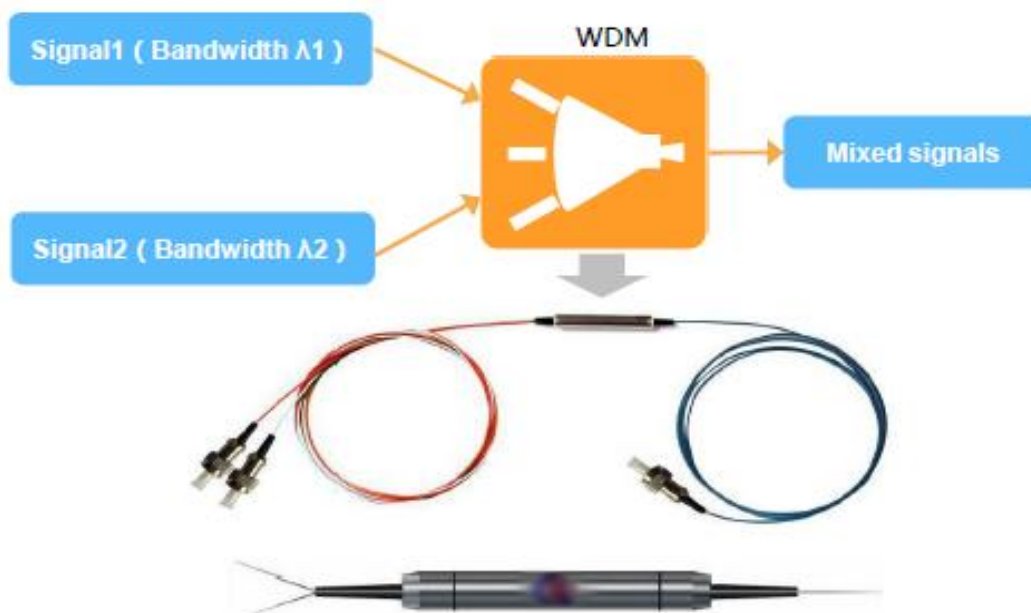


Figura 2.34 Módulo Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)

Fuente: Documentación Huawei

b.4 Módulo Radiofrecuencia (RF)

Presenta amplificadores internos, atenuadores y ecualizadores conectables con el fin

de calibrar las señales de radiofrecuencia transmitidas por los 4 puertos de salida hacia la distribución coaxial.

También presenta puntos de prueba para verificación del rendimiento de los parámetros de las señales de radiofrecuencia por cada puerto coaxial. Ver figura 2.35.

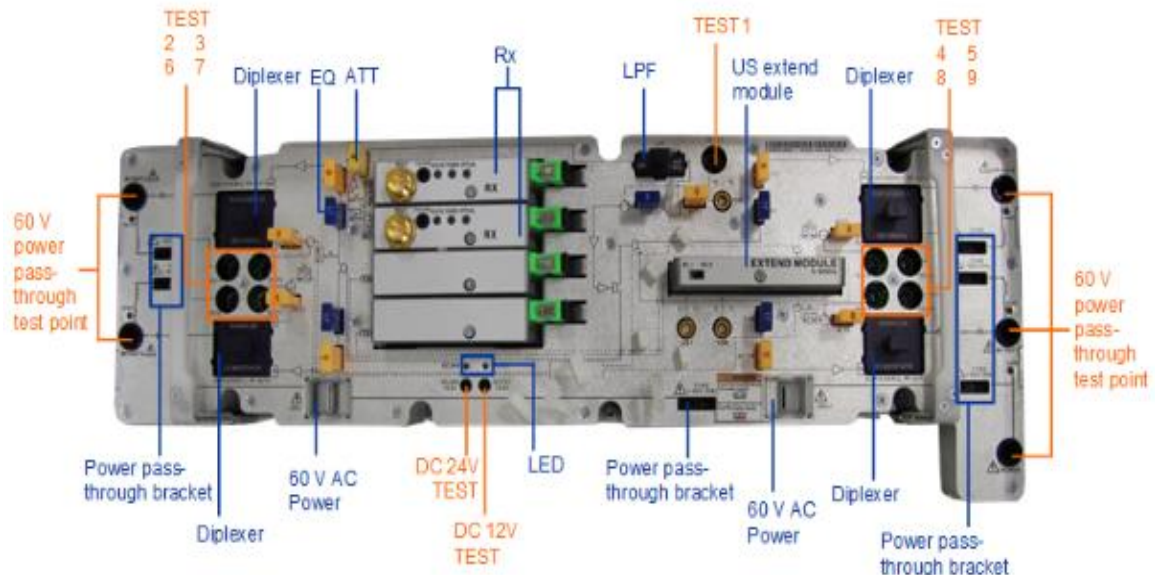


Figura 2.35 Módulo Radiofrecuencia del modelo MA5633

Fuente: Documentación Huawei

El principio del módulo Radiofrecuencia tiene 3 canales: canal descendente, canal ascendente y canal de alimentación.

- Canal descendente:

Señales de Televisión por Cable (CATV) emitidas por el módulo Receptor Óptico (Rx) y señales DOCSIS descendentes generadas por el módulo Conversor de Medio Coaxial (CMC).

Luego ambas señales se combinan, se presenta un proceso de amplificación de manera interna, se ecualiza (EQ) y atenúa (ATT) los niveles de potencia de manera externa.

Luego se distribuye a cada canal de salida de radiofrecuencia, en esta etapa por cada puerto nuevamente se amplifica de manera interna, se ecualiza (EQ) y atenúa (ATT) los niveles de potencia de manera externa dependiendo de los parámetros requeridos. Posterior se filtra a través de cada duplexor (Diplexer) y soporte de paso de energía (Power pass-through bracket). Finalmente se transmiten por los 4 puertos de salida de radiofrecuencia (RF OUT 0-4).

- Canal ascendente:

Señales de retorno de Televisión por Cable (CATV) y señales DOCSIS ascendentes

en conjunto se reciben por los puertos 4 puertos de salida de radiofrecuencia (RF OUT 0-4). Posterior se filtra a través de cada duplexor (Duplexor) y soporte de paso de energía (Power pass-through bracket) y se atenúa (ATT) los niveles de potencia de acuerdo los parámetros requeridos.

Luego ambas señales se dividen, se envía las señales DOCSIS ascendentes al Conversor de Media Coaxial (CMC) para el proceso de conversión de señales radiofrecuencia a señales ópticas en banda de 1490nm.

Las señales de retorno de Televisión por Cable (CATV) se envían a los módulos Transmisor óptico (Tx) para proceso de conversor de señales radiofrecuencia a señales ópticas banda 1550 nm.

- Las señales de retorno de CATV ingresan por los puertos radiofrecuencia (RF OUT) 0 y 3 forman un grupo de servicio denominado (SG0) y se envían al módulo transmisor canal 0 (Tx0),
- Las señales de retorno de CATV ingresan por los puertos radiofrecuencia (RF OUT) 1 y 2 forman otro grupo de servicio denominado (SG1) y se envían al módulo transmisor canal 0 (Tx0),
- Canal de Potencia: El dispositivo modelo MA5633 presenta dos módulos de potencia, se energiza con una potencia nominal de 60 Voltios (v) corriente alterna (AC) a través los puertos de energía (Power port).

b.4.1 Componentes del Módulo Radiofrecuencia (RF)

- **Módulo de Receptor Óptico (Optical Receiver Module Rx):** Convierte la señal óptica de banda de 1310nm en señales de radiofrecuencia.

Se utiliza para la transmisión descendente de los servicios de Televisión por Cable (CATV). Ver figura 2.36.

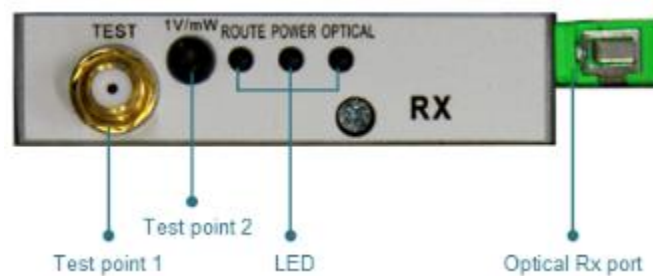


Figura 2.36 Módulo de Receptor Óptico (Rx)

Fuente: Documentación Huawei

- **Módulo de Transmisor Óptico (Optical Transmitter Module Tx):** Convierte las señales de retorno Televisión por Cable (CATV) en señal óptica de banda de 1550nm.

Se utiliza para la transmisión ascendente de los servicios de Televisión por Cable (CATV). Ver figura 2.37

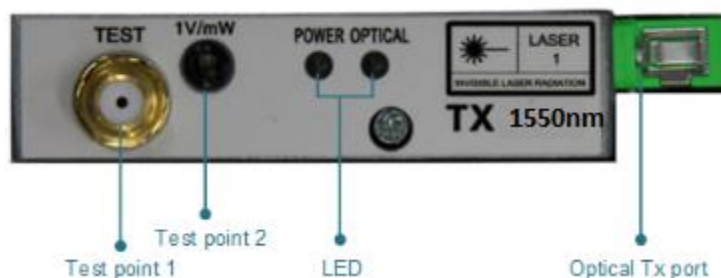


Figura 2.37 Módulo de Transmisor Óptico (Tx)

Fuente: Documentación Huawei

- **Duplexor (Duplexer):** Es un filtro bidireccional de frecuencias paso alto y bajo con la finalidad de los datos emitidos en transmisión ascendente y descendente no se afecten entre sí. Ver figura 2.38.

Descripción (A/B MHz)

A: Indica la frecuencia máxima en transmisión ascendente.

B: Indica la frecuencia mínima en transmisión descendente.



Figura 2.38 Duplexor

Fuente: Documentación Huawei

- **Módulo Extendido (Extend Module):** Es el módulo de las señales de retorno de televisión por cable, este módulo admite la transmisión ascendente a través de uno o dos canales del Módulo de Transmisor Óptico (Tx). Ver figura 2.39.



Figura 2.39 Módulo Extendido (Extend Module)

Fuente: Documentación Huawei

Para la solución se configura el interruptor (DIP switch) en modo SG_1 por lo tanto los

grupos del servicio (SG0 y SG1) se envían por el canal cero del Módulo de Transmisor Óptico denominado (Tx 0).

- **Filtro Pasa Bajo (LPF):** Las señales de televisión por cable (CATV) sufren ruido de otras señales inútiles en el espectro de radiofrecuencia. Por lo tanto, los Filtro Pasa Bajo mejora la tasa de error de modulación (MER) de las señales de radiofrecuencia y optimiza el rango de frecuencias. Ver figura 2.40.



Figura 2.40 Filtro Pasa Bajo (LPF)

Fuente: Documentación Huawei

- **Atenuador y Ecualizador (ATT/EQ):** La continuidad y calibración de las señales de radiofrecuencia se establece de manera manual mediante los soportes de atenuación (color amarillo) y ecualizador (color azul).

De esta manera las señales de radiofrecuencia cumplen con los parámetros requeridos. Ver figura 2.41.

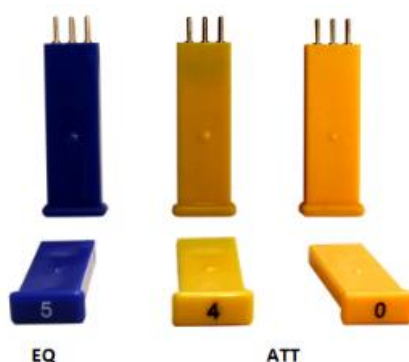


Figura 2.41 Apariencia del Atenuador y Ecualizador (ATT/EQ)

Fuente: Documentación Huawei

TABLA N° 2.5 Descripción de los soportes

Fuente: Propia

Nombre	Atenuador (ATT)	Ecualizador (EQ)
Uso	Ajusta el nivel de señal	Ajusta el nivel de pendiente de la señal
Significado del número en el soporte	Indica el nivel de atenuación. Unidad: decibel (dB).	Indica la diferencia entre niveles de señales de altas y bajas frecuencias. Unidad: decibel (dB).

Se utilizan los Atenuadores (ATT) y Ecuilibradores (EQ) para garantizar la uniformidad de los niveles de potencia en los dispositivos terminales de los usuarios.

Se muestra los espectros antes y después de agregar un Ecuilibrador (EQ) y las potencias después transmitir las señales de radiofrecuencia a través de distribuidores, divisores, derivadores y amplificadores en la distribución coaxial de la planta externa. Ver figura 2.42.

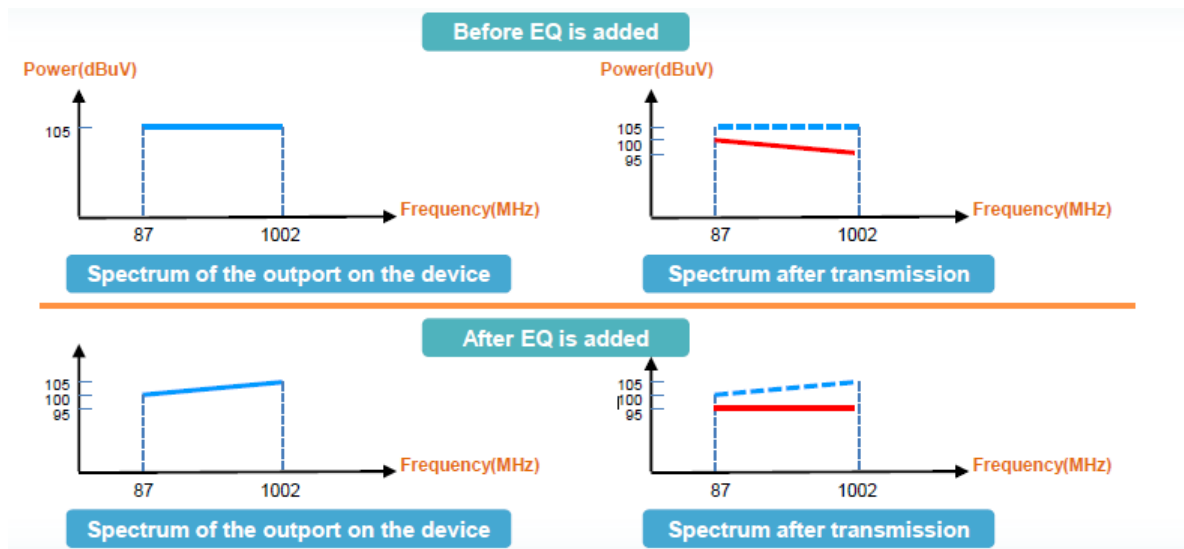


Figura 2.42 Comparación de espectro de radiofrecuencia

Fuente: Documentación Huawei

CAPÍTULO III EVOLUCIÓN DEL MERCADO TECNOLÓGICO PERUANO EN LA RED DE ACCESO FIJO

En este capítulo se explica los antecedentes del proyecto y su evolución en el mercado tecnológico peruano.

3.1 Planteamiento de requerimientos del trabajo

La red de acceso fijo Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) tradicional con Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Centralizada (C-CCAP), son redes no adaptables, no seguras, no escalables al gran incremento de usuarios que solicitan los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial.

3.1.1 Tendencia de la tecnología acceso de cable modem por servicio fijo

Se verifica la tendencia del incremento de usuarios e inclinación a mayores anchos de banda en el servicio de internet fijo a nivel nacional en los últimos 5 años. Ver figura 3.1.

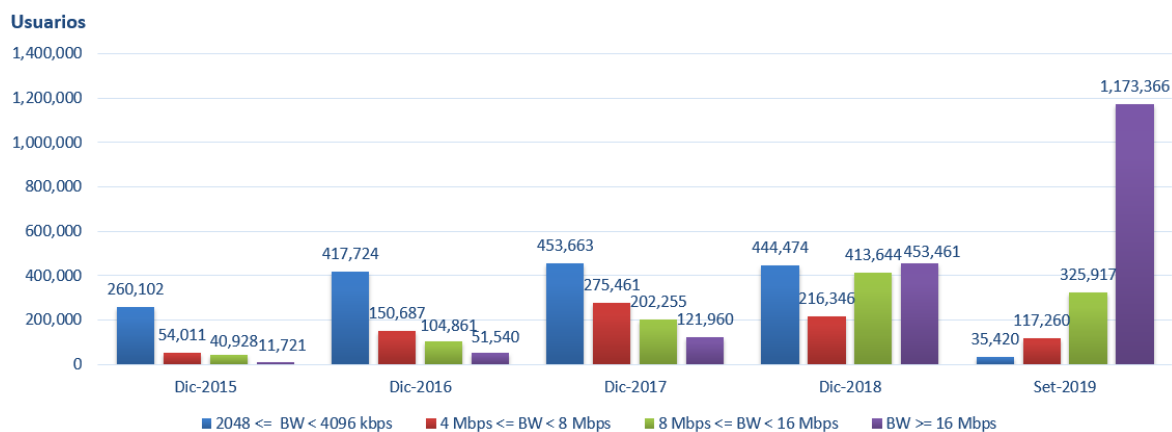


Figura 3.1: Conexiones de acceso a Internet fijo por tecnología de cable modem

Fuente: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/174>

En la tabla N° 3.1, los resultados de las estadísticas del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) muestran el incremento de las conexiones al servicio de internet en el departamento de Junín en los últimos 5 años.

TABLA N° 3.1 Indicadores de conexiones de acceso a internet en el departamento JunínFuente: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/178>

Departamento	Dic-15	Dic-16	Dic-17	Dic-18	Mar-19
Junín	45,455	51,227	56,292	63,727	66,514

En la tabla N° 3.2, los resultados de las estadísticas del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTTEL) muestran las líneas de teléfono fijo en el departamento de Junín en los últimos 5 años.

TABLA N° 3.2 Indicadores de líneas de acceso telefónico fijo en el departamento JunínFuente: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/130>

Departamento	2015	2016	2017	2018	Set-19
Junín	72163	72,576	71,232	64,865	55,765

En la tabla N° 3.3, los resultados de las estadísticas del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTTEL) muestran la tendencia de las conexiones al servicio de televisión por cable (CATV) a nivel nacional en los últimos 5 años.

TABLA N° 3.3 Indicadores del servicio de televisión por cable coaxialFuente: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/189>

Mes	CABLE
Dic-15	1,197,657
Dic-16	1,222,995
Dic-17	1,297,871
Dic-18	1,517,919
Ago-19	1,516,401

En la tabla N° 3.4, los resultados de las estadísticas del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTTEL) muestran la tendencia de las conexiones al servicio de televisión en el departamento de Junín en los últimos 4 años.

TABLA N° 3.4 Indicadores del servicio de televisión en el departamento JunínFuente: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/190>

Departamento	Empresa	Dic-16	Dic-17	Dic-18	Mar-19
Junín	AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C.	3,496	2,973	2,175	2,164
	DIRECTV PERÚ S.R.L.	8,170	10,560	13,996	13,774
	TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A.	15,049	16,943	25,871	22,722
	RESTO DE OPERADORES	2,543	4,647	5,166	5,190

3.1.2 Tecnología en la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)

La estructura de la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) en el Perú actualmente continúa en uso por las operadoras. Ver figura 3.2.

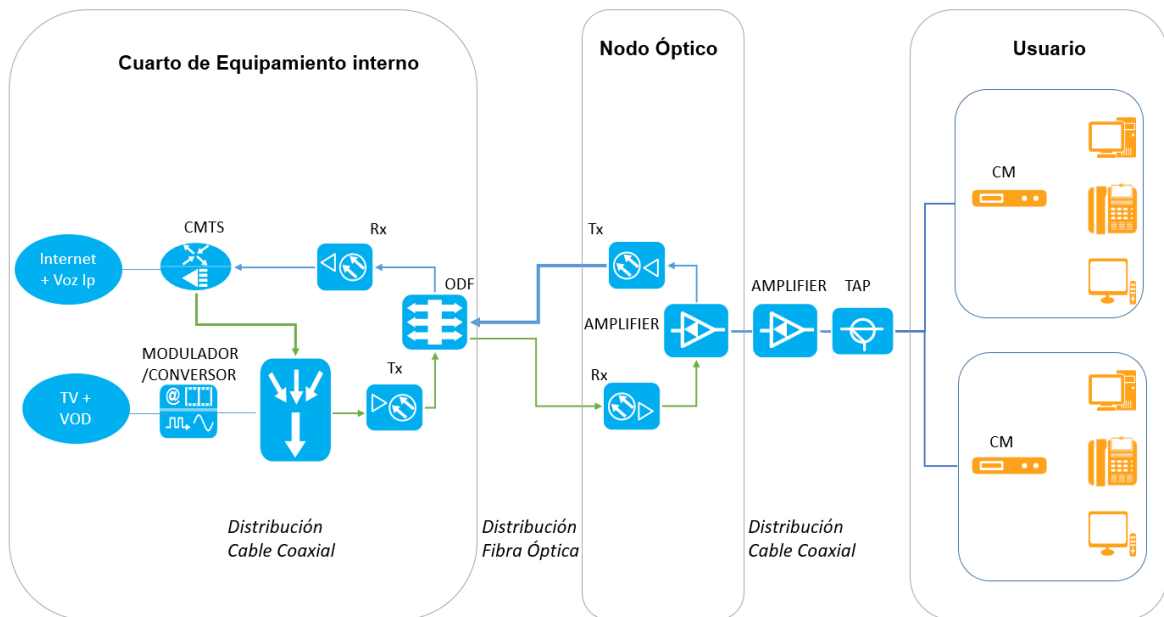


Figura 3.2 Infraestructura de la red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)

Fuente: Propia

- **Cuarto de Equipamiento Interno:** Contiene Sistemas de Terminación de Cable Módem (CMTS), moduladores, conversores, multiplexores, transmisores y receptores ópticos.
- **Nodo Óptico:** Está equipado con un Receptor Óptico (Rx), para transmisión descendente, Transmisor Óptico (Tx) para transmisión ascendente, conversor óptico-eléctrico y amplificadores internos.
- **Red de Distribución Coaxial:** Se distribuye tanto en la planta interna y planta externa. Contiene componentes Derivadores (Tap), Divisores (Splitter), amplificadores y cable coaxial como medio físico.
- **Red de Distribución Óptica:** Se distribuye en planta externa. Contiene la fibra óptica como medio físico.

La red tradicional Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) presenta una distribución coaxial-óptico-coaxial. Esta estructura no soporta la Red Óptica Pasiva (PON) y se utilizan mayores recursos debido a que la transmisión es de manera unidireccional.

Esta red no presenta protección, siendo susceptible a fallos o averías, afecta los servicios y se genera una mala experiencia en los usuarios.

Por lo tanto, esta deficiencia afecta principalmente a la operadora con sanciones

económicas por parte del Organismo Supervisor de Inversión Privada en

Telecomunicaciones (OSIPTEL) y también la pérdida de sus usuarios, que prefieren los

mismos servicios empaquetados con mejores cualidades técnicas de diferentes operadoras.

En la tabla N° 3.5, los resultados de las estadísticas del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) muestran la tendencia de los reclamos de los usuarios para servicios fijos Internet, Telefonía y Televisión por cable (CATV) de todo el Perú en los últimos años.

Se indica que la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) se implementa a fines del 2017, y se refleja la disminución de reclamos de usuarios sobre los servicios fijos empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial debido a las principales ventajas de la solución de Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).

TABLA N° 3.5 Indicadores de reclamos de usuarios por servicio

Fuente: Primera Instancia (Diversas empresas-Resolución N°096-2015-CD/OSIPTEL)

<https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/229>

	2015	2016	2017	2018	2019	AL III TRIM 2020 ¹⁴
Servicio Telefónico Fijo Local ²¹	147,675	277,291	313,903	191,578	177,691	79,848
Televisión por cable	223,388	321,600	450,013	209,817	162,580	86,722
Internet	141,869	200,714	354,476	100,652	147,365	87,208
TOTAL	512,932	799,605	1,118,392	502,047	487,636	253,778

En la tabla N° 3.6, los resultados de las estadísticas del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) muestran la tendencia de los reclamos de los usuarios en el Departamento de Junín en los últimos años.

TABLA N° 3.6 Indicadores de reclamos de usuarios por departamento

Fuente: Primera Instancia (Diversas empresas-Resolución N°096-2015-CD/OSIPTEL)

<https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/231>

	2015	2016	2017	2018	2019	AL III TRIM 2020 ²
Junín	22,086	41,229	65,515	67,551	49,098	25,206

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se explica la solución del problema. Se desarrollan los siguientes puntos: Propuesta topológica, Dimensionamiento, Implementación y Validación de la solución de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

4.1 Topología de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Para un mejor panorama, se muestra la topología de extremo a extremo del servicio empaquetado bajo la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP), se cambia la infraestructura en la Distribución de fibra óptica y se mantiene la infraestructura en la Distribución de cable coaxial del operador. Ver figura 4.1.

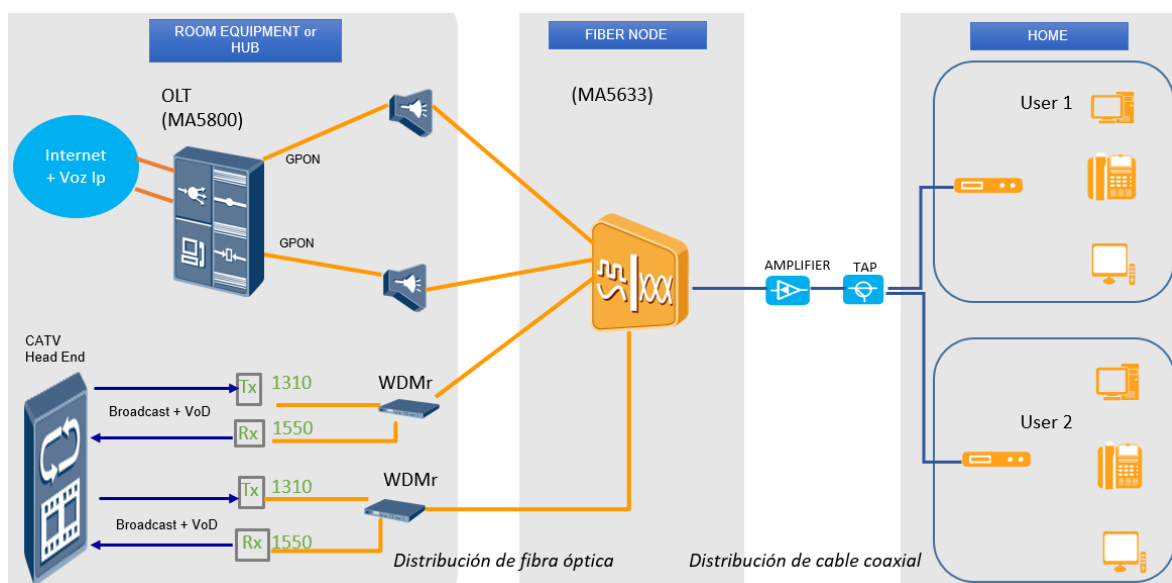


Figura 4.1 Topología extremo a extremo de la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC)

Fuente: Propia

La topología de la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC), es una Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP). Se implementa una nueva infraestructura en la Distribución de fibra óptica. Ver figura 4.2.

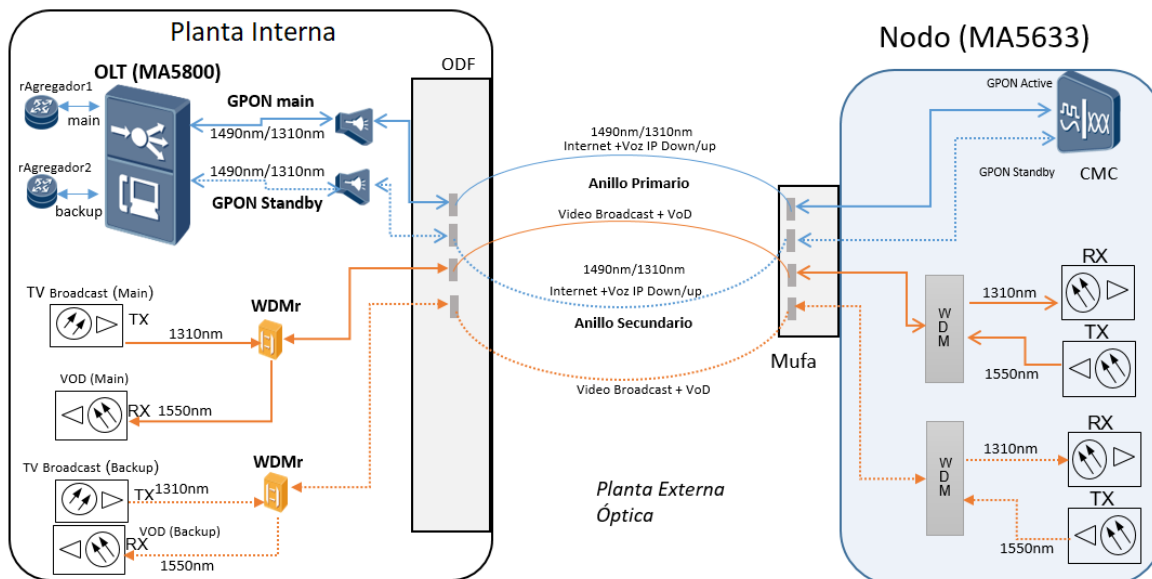


Figura 4.2: Topología de la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Fuente: Propia

4.2 Dimensionamiento de la Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

Se implementa un Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800-X7 y una Unidad de Red Óptica (ONU) modelo MA5633 y sus componentes en la Red Óptica Pasiva (PON).

4.2.1 Asignación de equipamiento físico

a. Planta interna:

- 1 Dispositivo Terminal de línea óptica (OLT) modelo MA5800-X7.
- 2 Componentes electrónicos controladores modelo MPLA.
- 2 Módulos ópticos con longitud de onda 1310nm.
- 2 Componentes electrónicos de servicio modelo H901GPHF de 16 puertos GPON.
- 2 Módulos ópticos con longitud de onda 1490nm.
- 2 Divisores (Splitter) con proporción de 1:4 (1 entrada y 4 salidas).
- 2 Componentes pasivos multiplexores modelo WDMr.
- 4 fibras ópticas tipo monomodo, Conector Pequeño (LC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC).
- 2 fibras ópticas tipo monomodo, Conector Suscriptor (SC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) y Angular Contacto Físico (APC).
- 6 fibras ópticas tipo monomodo, Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC).

- 2 fibras ópticas tipo monomodo, Conector Pequeño (LC) y Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC).

Se indica el diagrama de Planta interna del canalizado de los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) con la asignación de los puertos con su tipo de conector y pulido de la fibra óptica tipo monomodo. Ver figura 4.3.

También se indica la ubicación de los dispositivos y posición de sus componentes en su respectiva ranura (Slot) de acuerdo al dimensionamiento. Ver figura 4.4.

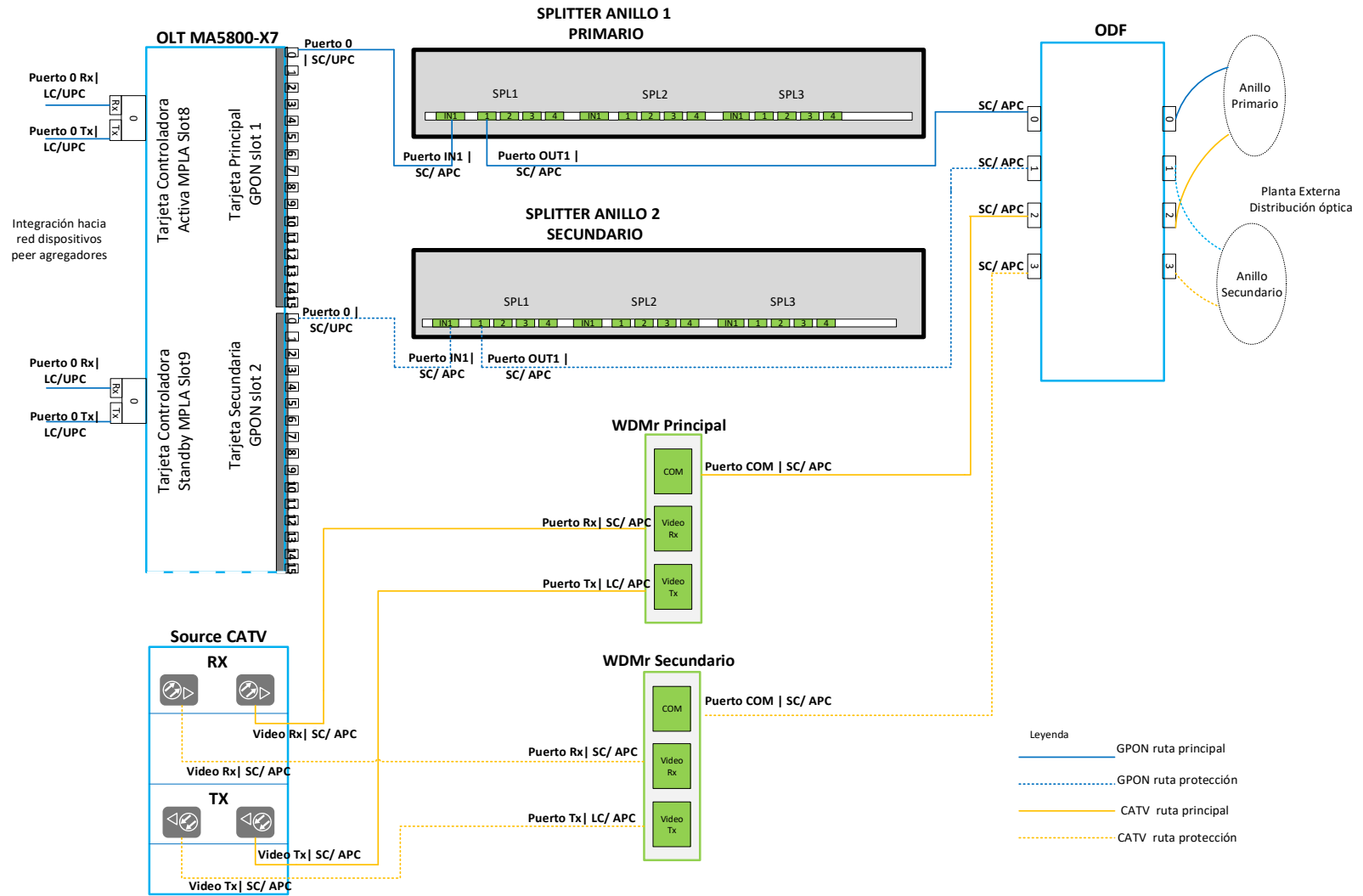


Figura 4.3 Canalizado y asignación de puertos en planta interna

Fuente: Propia

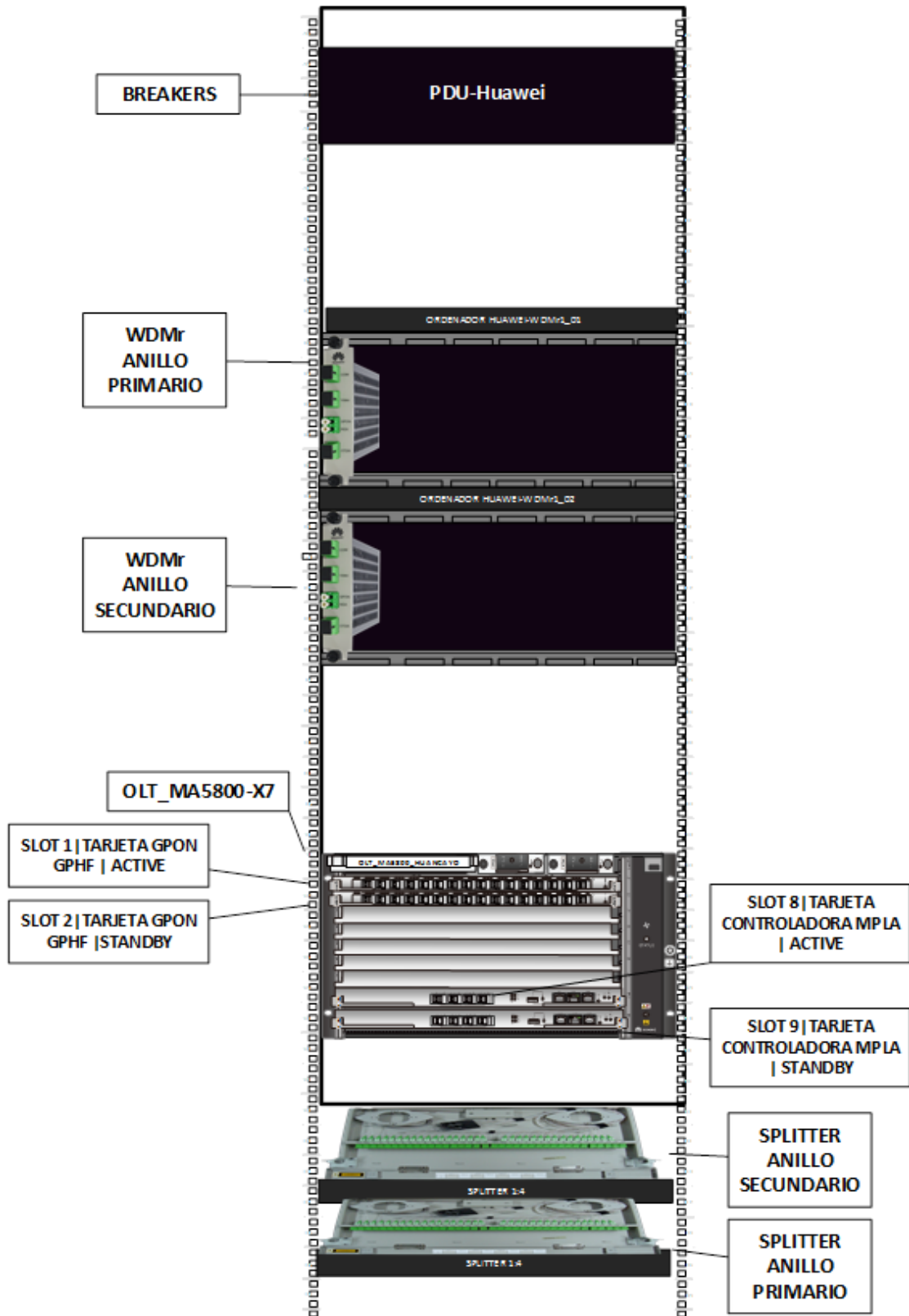


Figura 4.4 Ubicación y posición de dispositivos en planta interna

Fuente: Propia

b. Planta externa:

Se indica que los cuatro hilos de fibras ópticas desde el Distribuidor de Fibra Óptica (ODF) hacia el distribuidor del nodo óptico modelo MA5633 se implementa por parte del operador.

La Unidad de Red Óptica (ONU) se representa por un nodo óptico modelo MA5633 y sus componentes:

- 2 componente pasivo multiplexor (WDM).
- 2 fibras ópticas Conector Suscriptor (SC) con pulido Ultra contacto físico (UPC).
- 6 fibras ópticas Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular contacto físico (APC).
- 4 Módulos ópticos con longitud de onda de 1310nm.
- 2 Módulos ópticos con longitud de onda de 1550nm.

El canalizado de fibras ópticas dentro del dispositivo MA5633. Ver figura 4.5.

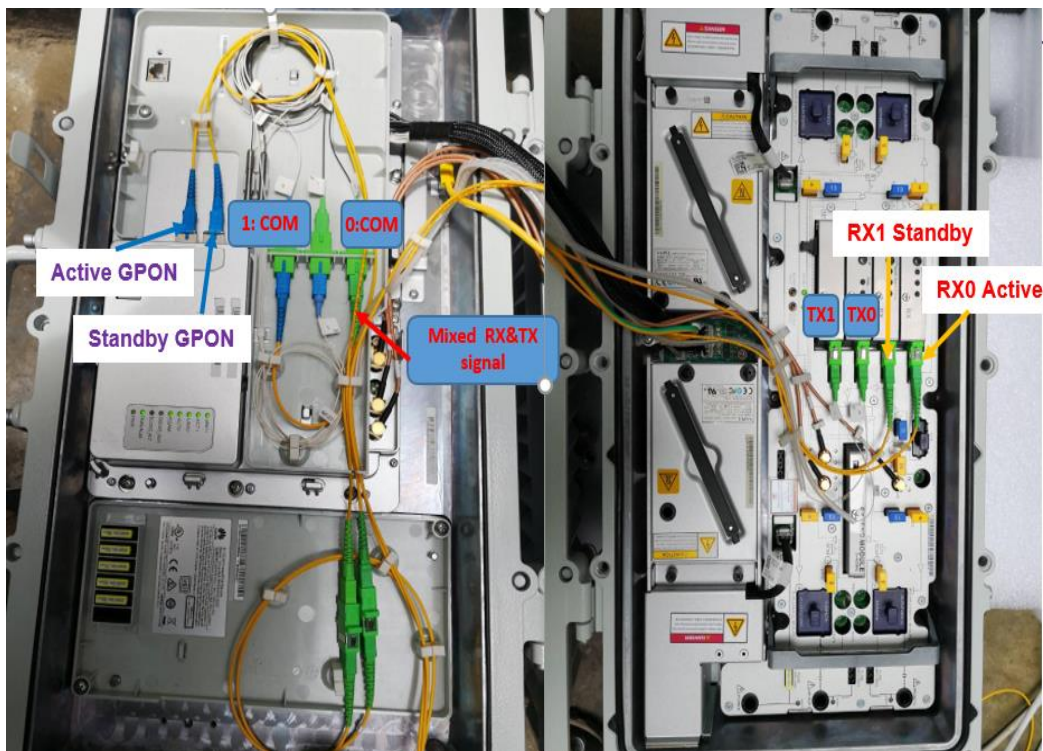


Figura 4.5 Asignación de puertos en el nodo óptico dispositivo MA5633

Fuente: Propia

4.2.2 Asignación de recursos lógicos

Se deja constancia que las redes de capa superior se encuentran establecidas con conectividad hacia el internet, servidores Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP), servidores Subsistema Multimedia IP (IMS), servidores gestión que mantienen la comunicación de los servicios de internet y telefonía.

- Nomenclatura lógica del Terminal de Línea Óptica (OLT) en la provincia de Huancayo se denomina oltHuancayo02.

- Direccionamiento del Protocolo Internet (IP) versión 4 y 6 del flujo de los siguientes servicios:
 - Gestión remota del cable modem.
 - Telefonía con Protocolo Internet (IP) en dispositivo Adaptador de Terminal Multimedia (MTA).
 - Asignación del Protocolo Internet (IP) Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP) a cada interfaz del servicio.
 - Internet para grupo de usuarios residenciales con direcciones Protocolo Internet (IP) privado.
 - Internet para grupo de usuarios corporativos con direcciones Protocolo Internet (IP) publica.
 - 6 Sesiones con protocolo enrutamiento dinámico Protocolo de puerta de Enlace de Frontera (BGP) y protocolo con enrutamiento estático.
- Grupo de protección de Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) tipo C para el servicio de Internet y Telefonía.
- Grupo de protección del Transmisor Óptico y Receptor Óptico denominado (2SG-2Tx) para el servicio de Televisión.
- Espectro de frecuencias DOCSIS versión 3.0 para el servicio de internet y telefonía:
 - Modulación Cuadratura en amplitud (QAM) modo 256, ancho de banda (BW) de 6.0 MHZ en transmisión descendente.
 - Modulación Cuadratura en amplitud (QAM) modo 64, ancho de banda (BW) de 6.4 MHZ en transmisión ascendente.

Se utiliza un espectro de radiofrecuencia de 4 canales para transmisión ascendente (17.6MHz, 24.0MHz, 30.4MHz y 36.8MHz) y 12 canales para transmisión descendente con rango entre [507MHz – 579MHz]. Ver figura 4.7 y 4.8.

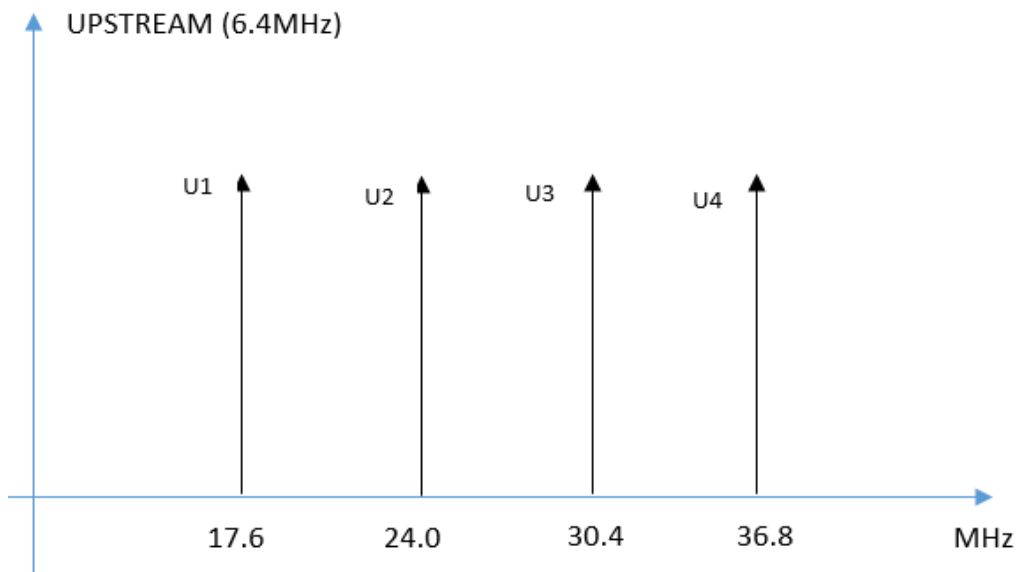


Figura 4.6 Canales en transmisión ascendente (upstream)

Fuente: Propia

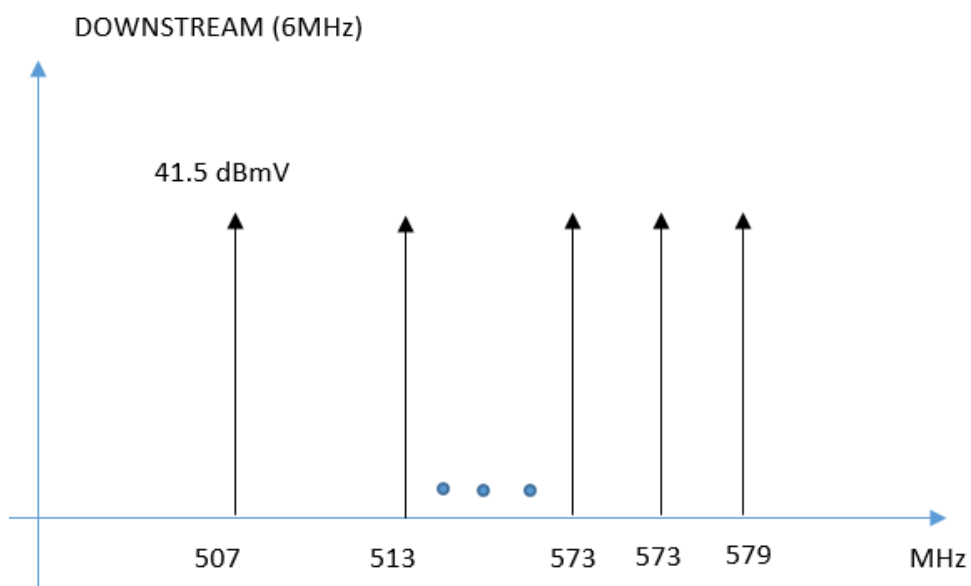


Figura 4.7 Canales en transmisión descendente (downstream)

Fuente: Propia

- Espectro de frecuencias para servicio de televisión. La cantidad de canales es variable con rango entre [603 MHz -849 MHz] para la transmisión descendente. Debido a que las frecuencias sufren una degradación de niveles de potencia por efectos ruido en la distribución coaxial, se necesita balancear los niveles de potencia cuando la señal llegue al cable modem, por lo tanto, se utiliza una pendiente de 6 decibelios (dB), que es la diferencia de niveles de potencia entre la mínima y máxima frecuencia.

Para la transmisión ascendente se utiliza la frecuencia 42MHz para el servicio de VoD.

4.3 Despliegue de equipamiento (Instalación y configuración)

Durante la fase de implementación se detalla paso a paso la instalación y configuración de la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).

La ubicación de los dispositivos y componentes se detalla a través de interfaces:

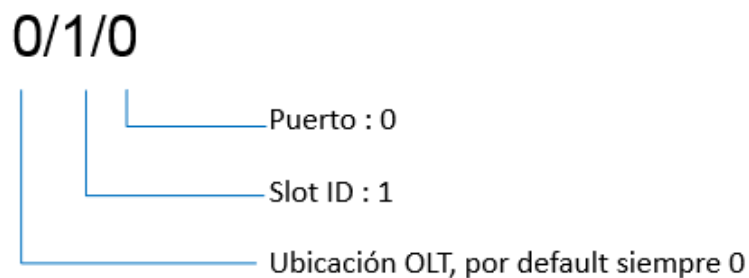


Figura 4.8 Descripción de interfaces lógicas

Fuente: Propia

4.3.1 Instalación del Terminal de Línea Óptica (OLT) y sus componentes

En la parte inferior del gabinete se instala el dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800, sus componentes y dos divisores ópticos pasivos de proporción 1 a 4.

En la parte superior del gabinete se instalan dos multiplexores pasivos modelo WDMr. Ver figura 4.9.



Figura 4.9 Instalación del Terminal de Línea Óptica (OLT) y componentes

Fuente: Propia

a) Instalación y cableado de fibras ópticas en el dispositivo modelo H902MPLA

Se ubica los dispositivos controladores modelo H902MPLA en las ranuras 8 - 9, y cableado de fibras ópticas hacia los dispositivos de la red de capa superior.

- Para el enlace primario se conecta 1 par de fibras ópticas tipo Conector Pequeño (LC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) en la ubicación 0/8/0 puerto (Rx/Tx) del dispositivo controlador.
- Para el enlace de protección se conecta 1 par de fibras ópticas tipo Conector Pequeño (LC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) en la ubicación 0/9/0 puerto (Rx/Tx) del dispositivo controlador. Ver figura 4.10.



Figura 4.10 Instalación y cableado de fibras ópticas en componentes H902MPLA

Fuente: Propia

b) Instalación y cableado de fibras ópticas en el dispositivo modelo H901GPHF

Se configura la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) con protección Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) tipo C, por lo tanto, se ubica los dispositivos de servicio modelo H901GPHF en las ranuras 1 - 2, y se realiza los cableados de fibras ópticas hacia los divisores (splitter) ópticos en enlaces primario y secundario como protección.

- Para el enlace primario se conecta 1 de fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) en la ubicación 0/1/0 del dispositivo Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) modelo H901GPHF hacia el divisor óptico primario.
- Para el enlace de protección se conecta 1 de fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) en la ubicación 0/2/0 del dispositivo Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) modelo H901GPHF hacia el divisor óptico secundario. Ver figura 4.11.



Figura 4.11 Instalación y cableado de fibras ópticas en componentes H901GPHF

Fuente: Propia

c) Instalación y cableados de fibras ópticas en el dispositivo divisor óptico

Se ubica en la parte inferior del gabinete, se instala dos divisores (splitter) ópticos de proporción de una entrada y cuatro salidas. Se utiliza un divisor óptico primario para el enlace activo y un divisor óptico secundario para el enlace de protección.

- Se conecta una fibra óptica de entrada tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) puerto (IN 1) al divisor (splitter) primario proveniente del dispositivo H901GPH posición 0/1/0 y cuatro fibras ópticas de salida se dirigen hacia el Distribuidor de fibra óptica (ODF). Ver figura 4.12.



Figura 4.12 Instalación y cableado de fibras ópticas en el divisor óptico primario

Fuente: Propia

- Se conecta una fibra óptica de entrada tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) puerto (IN 1) al divisor (splitter) secundario proveniente del dispositivo H901GPH posición 0/2/0 y cuatro fibras ópticas de salida se dirigen hacia el Distribuidor de fibra óptica (ODF). Ver figura 4.13.

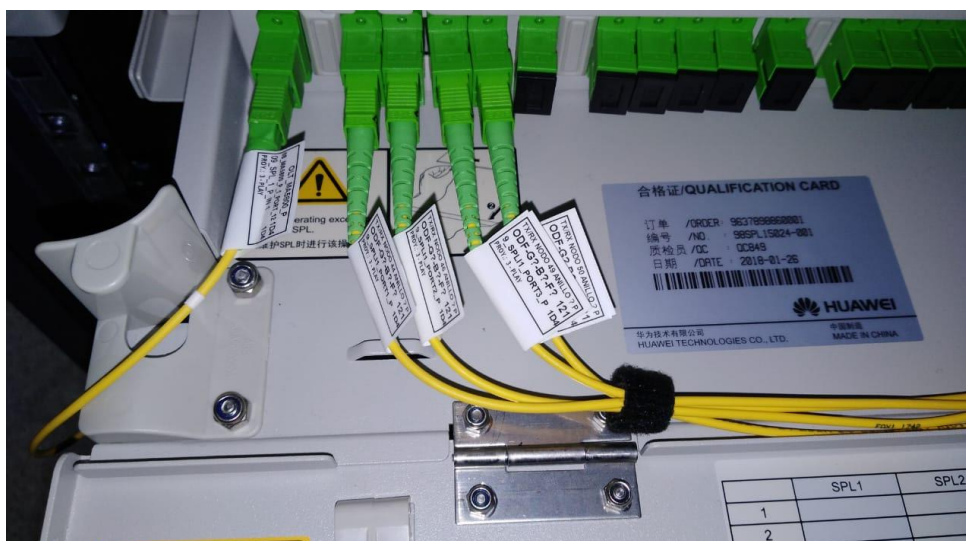


Figura 4.13 Instalación y cableado de fibras ópticas en el divisor óptico secundario

Fuente: Propia

d) Cableado de fibras ópticas en la fuente de televisión

Se indica que las fuentes de televisión son dispositivos que se instala e integra por el operador. Se tiene dos canales, un canal primario y un canal secundario como protección. Se conecta dos fibras ópticas de transmisión puerto (Tx) de longitud de onda 1310nm y dos fibras ópticas de recepción puerto (Rx) de longitud de onda de 1550nm tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) hacia los dispositivos multiplexores WDMr primario y secundario. Ver figura 4.14.



Figura 4.14 Cableado de fibras ópticas en la fuente de televisión

Fuente: Propia

e) Instalación y cableado de fibras ópticas en el dispositivo multiplexor modelo WDMr

Se ubica en la superior del gabinete, se utiliza un multiplexor para el enlace primario y un multiplexor para el enlace de protección.

- Se conectan dos fibras ópticas tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) a los puertos (Video), se dirige a los puertos (Rx) de la fuente de televisión del canal primario y de protección.
- Se conectan dos fibras ópticas tipo Conector Pequeño (LC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) a los puertos (Tx), se dirige a los puertos (Tx) de la fuente de televisión canal primario y protección.
- Se conectan dos fibras ópticas tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) a los puertos (COM) se dirige a los puertos del Distribuidor de fibra óptica (ODF) del enlace primario y de protección. Ver figura 4.15.

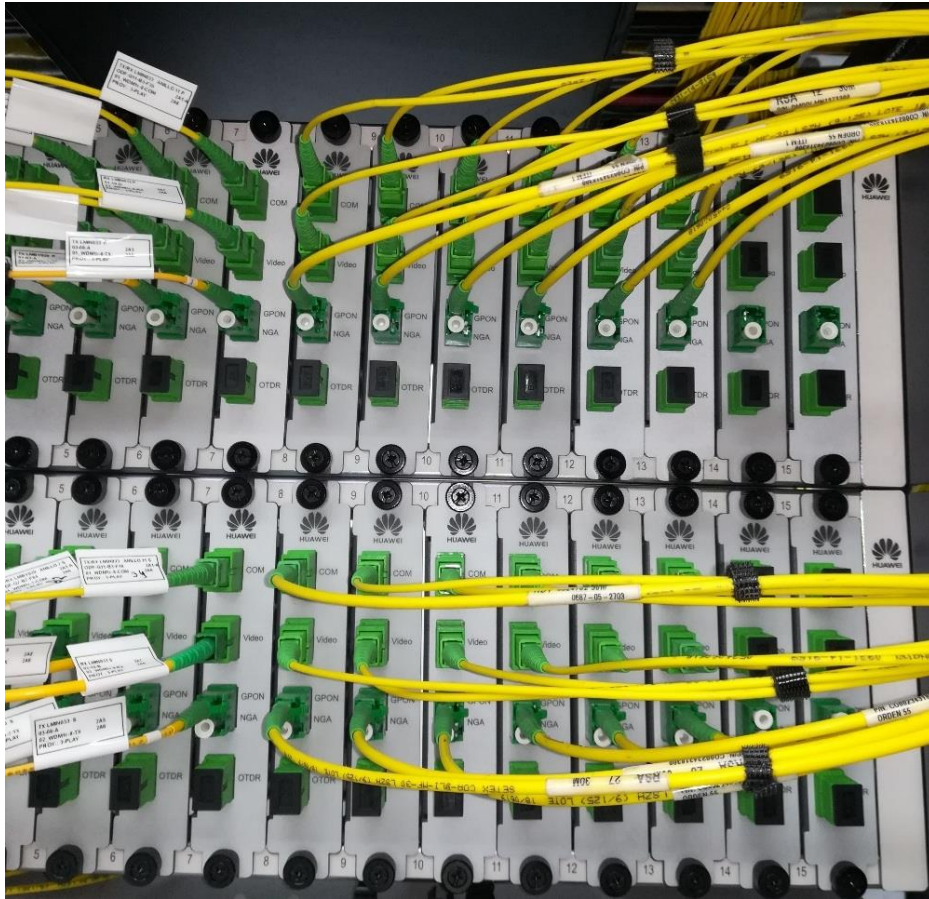


Figura 4.15 Instalación y cableado de fibras ópticas en dispositivos WDMr

Fuente: Propia

f) Cableados de fibras ópticas en el Distribuidor de fibra óptica (ODF)

El Distribuidor de fibra óptica (ODF) es el punto final de la planta de interna, cada fibra óptica tiene un componente denominado enfrentador para su distribución a la planta externa. Los servicios son distribuidos por un enlace primario y enlace secundario como protección.

- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) y se dirige a los puertos (OUT 1) del divisor óptico primario.
- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) y se dirige a los puertos (OUT 1) del divisor óptico secundario.
- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) y se dirige a los puertos (COM) del multiplexor WDMr primario.
- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (APC) y se dirige a los puertos (COM) del multiplexor WDMr secundario. Ver figura 4.16.

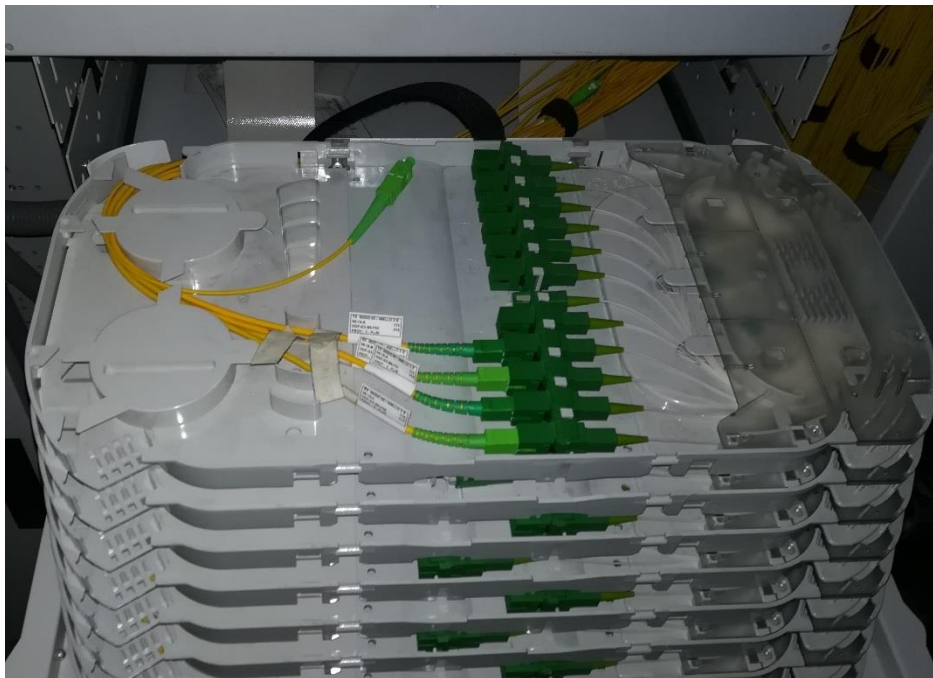


Figura 4.16 Cableado de cuatro fibras ópticas en el Distribuidor de fibra óptica (ODF)

Fuente: Propia

4.3.2 Aterramiento y energizado del Terminal de Línea Óptica (OLT)

a. Con respecto al aterramiento:

Se utiliza un cable verde-amarillo tierra (GND) de 25 milímetros cuadrados (mm^2) (anexo A), para aterramiento del Terminal de Línea Óptica (OLT) y del gabinete, su recorrido final es mediante unas escalerillas hacia barra de tierra. Ver figuras 4.17, 4.18 y 4.19.

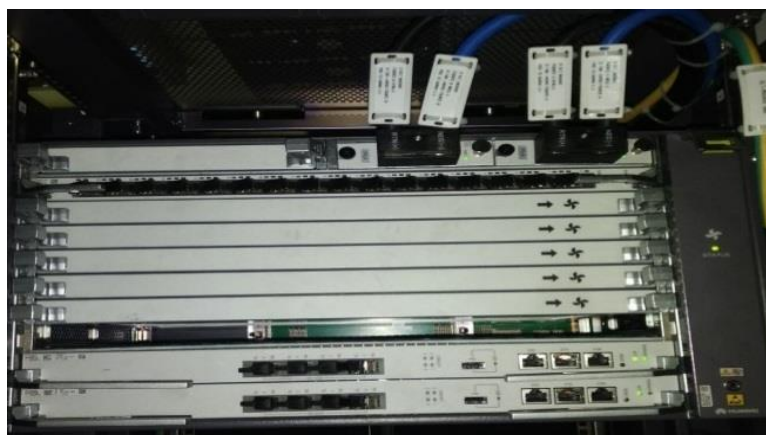


Figura 4.17 Aterramiento del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800

Fuente: Propia



Figura 4.18 Aterramiento del gabinete

Fuente: Propia



Figura 4.19 Conexión de cable tierra (GND) a la barra de tierra

Fuente: Propia

b. Con respecto al energizado:

Por protección a nivel de energía se utilizan dos componentes electrónicos de energía modelo H901PILA ubicadas en la ranura 10 como principal y ranura 11 como protección del Terminal de Línea Óptica (OLT).

Se utiliza 2 fuentes de energía lado A y lado B, mediante un cable azul y un cable negro de 10mm² (anexo A), se conectan respectivamente a cada componente de energía. Ver figuras 4.20 y 4.21.



Figura 4.20 Fuente de energía lado A y B

Fuente: Propia



Figura 4.21 Componentes electrónicos de energía modelo H901PILA

Fuente: Propia

De acuerdo a la descripción del dispositivo (anexo B), el modelo MA5800 presenta siguientes parámetros:

- Rango de trabajo: -32voltios hasta -72voltios corriente continua (DC).
- Máximo amperaje: 40 amperios (A)

Se realiza mediciones en las tarjetas electrónicas de energía modelo H901PILA, se observa un valor de -53.9 voltios y 2.39 amperios. Ver figura 4.22, 4.23 y 4.24.



Figura 4.22 Medición de voltaje en el componente principal de energía H901PILA

Fuente: Propia



Figura 4.23 Medición de voltaje en el componente protección de energía H901PILA

Fuente: Propia

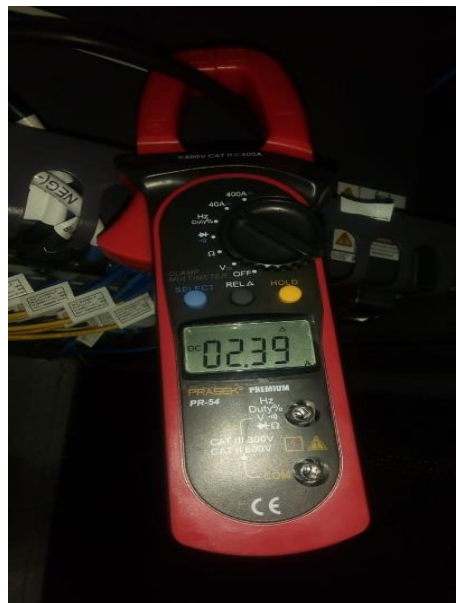


Figura 4.24 Medición de amperaje en el componente de energía H901PILA

Fuente: Propia

4.3.3 Integración del Terminal de Línea Óptica (OLT) a la red de capa superior

Se realiza la conectividad y comunicación de la red de acceso Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) a la red de capa superior (red núcleo) a través de las configuraciones lógicas de Red de Área Amplia (WAN), Red de Área Local Virtual (VLAN), Sistema de Nombres de Dominio (DNS), servidores Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP), asignación y direccionamiento Protocolo Internet (IP) protocolos de enrutamiento estático y dinámico como sesiones Protocolo de Puerta de enlace de Frontera (BGP), filtros y políticas de enrutamiento de paquetes.

Se integra 12 sesiones Protocolo de Puerta de enlace de Frontera (BGP) entre el dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) y los dispositivos de capa superior para el flujo del tráfico por tipo de servicio, se distribuye 6 sesiones por un enlace principal y 6 sesiones por un enlace secundario como protección.

- Sesión BGP para servicio de gestión remota del cable modem.
 - Sesión BGP para servicio de telefonía, voz sobre protocolo internet (VoIP).
 - Sesión BGP para servicio de internet con direcciones Protocolo Internet (IP) versión 4 privadas (subred para usuarios residenciales).
 - Sesión BGP para servicio de internet con direcciones Protocolo Internet (IP) versión 4 públicas (subred para usuarios empresariales).
 - Sesión BGP para servicio de internet con direcciones Protocolo Internet (IP) versión 6.
 - Sesión BGP para servicio de Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP).
- Ver figura 4.25.

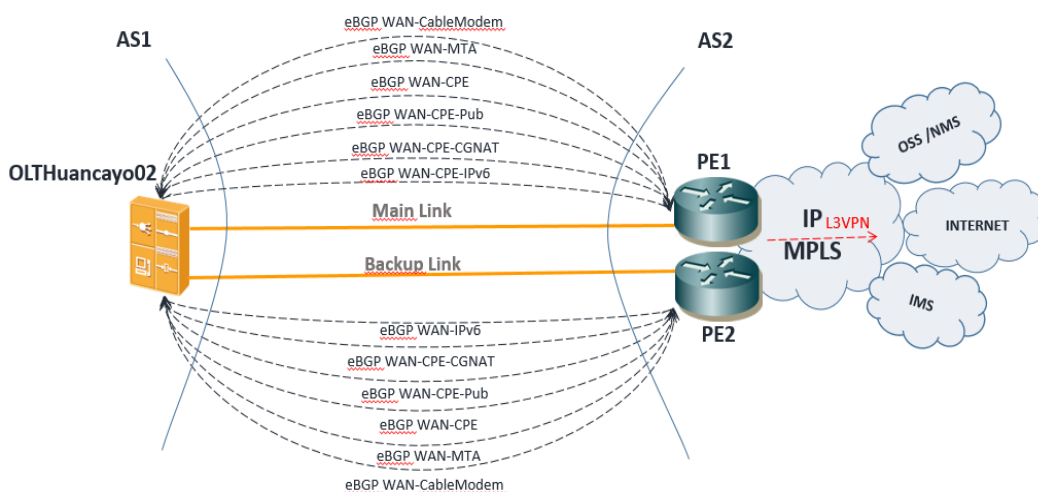


Figura 4.25 Sesiones de Protocolo de Puerta de enlace de Frontera (BGP)

Fuente: Propia

Las configuraciones se realizan en el dispositivo Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800 mediante una Interfaz de Línea de Comandos (CLI). La configuración se adjunta en el anexo C.

TABLA N° 4.1: Direccionamiento Protocolo de Internet (IP) de los tipos de subredes

Fuente: Propia

ASIGNACION DE DIRECCIONAMIENTO PROTOCOLO DE INTERNET (IP)						
Tipos de subred	Equipo - Enlace	VLAN ID	Dirección IP WAN	Máscara	Red del usuario Puerta de Enlace IP (Gateway)	Mascara
Gestión remota del Cable modem	oltHuancayo02 - Enlace Principal	300	10.150.129.226	255.255.255.252	10.157.192.1	255.255.192.0
	oltHuancayo02 - Enlace Protección	340	10.150.129.230	255.255.255.252		
Telefonía, Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP)	oltHuancayo02 - Enlace Principal	301	10.150.130.226	255.255.255.252	10.31.224.1	255.255.224.0
	oltHuancayo02 - Enlace Protección	341	10.150.130.230	255.255.255.252		
DHCP (Asignación de IP)	oltHuancayo02 - Enlace Principal -	303	10.150.131.226	255.255.255.252		
	oltHuancayo02 - Enlace Protección	343	10.150.131.230	255.255.255.252		
Autoprovisionamiento	oltHuancayo02 - Enlace Principal				10.160.8.1	255.255.254.0
	oltHuancayo02 - Enlace Protección					
CPE (Internet IPV4 Publica Empresarial)	oltHuancayo02 - Enlace Principal	302	190.222.3.42	255.255.255.252	190.117.48.1	255.255.255.128
	oltHuancayo02 - Enlace Protección	342	190.222.3.46	255.255.255.252	190.117.49.1	255.255.255.128
CGNAT (Internet IPv4 Residencial)	oltHuancayo02 - Enlace Principal	385	10.150.148.122	255.255.255.252	10.169.16.1	255.255.248.0
	oltHuancayo02 - Enlace Protección	386	10.150.148.126	255.255.255.252		
Internet IPv6	oltHuancayo02 - Enlace Principal	375	2800:200:2000::8004:4447	/127	2800:200:44:8E44::1	/64
	oltHuancayo02 - Enlace Protección	376	2800:200:2000::8004:4457	/127		

4.3.4 Instalación de la Unidad de Red Óptica (ONU) a la red de acceso fijo

Se instala la Unidad de Red Óptica (ONU) que se representa por el dispositivo modelo MA5633. El dispositivo MA5633 es ubicado en la planta externa sobre un poste, se le denomina nodo óptico (HYHY004).

Se detalla que antes de instalar el dispositivo sobre el poste, se realiza las validaciones de los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) con un cable modem de pruebas.

a. Energizado del dispositivo modelo MA5633

Se energiza mediante una fuente de voltaje, la entrada de voltaje es 60 Voltios (v) corriente alterna (AC). Ver figuras 4.26 y 4.27.



Figura 4.26 Energizado del dispositivo MA5633

Fuente: Propia



Figura 4.27 Cableado coaxial al puerto energía (POWER) con conector tipo F

Fuente: Propia

b. Cableados de fibras ópticas en el módulo Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON)

La nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) presenta protección de Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) tipo C, para proteger los servicios de internet y telefonía, por

lo tanto, se necesita 2 enlaces físicos como medio de acceso en el Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON).

- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) al puerto 0 como enlace primario.
- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Ultra Contacto Físico (UPC) al puerto 1 como enlace secundario de protección. Ver figura 4.28.



Figura 4.28 Cableado de fibras ópticas en el módulo Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON)

Fuente: Propia

c. Cableados de fibras en puertos (RX/ TX) del módulo Transmisor y Receptor Óptico

La nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) presenta protección tipo (2SG-2Tx) para proteger los servicios de televisión, por lo tanto, se necesita 2 enlaces físicos como medio de acceso en los módulos Transmisor y Receptor (Tx/Rx) y 2 multiplexores pasivos internos (WDM).

- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (UPC) al puerto (Rx 0) y 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (UPC) al puerto (Tx 0). Ambas fibras ópticas están conectadas a un multiplexor pasivo interno (WDM) con una salida de fibra óptica multiplexada a un enlace primario.
- Se conecta 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (UPC) al puerto (Rx 1) y 1 fibra óptica tipo Conector Suscriptor (SC) con pulido Angular Contacto Físico (UPC) al puerto (Tx1). Ambas fibras ópticas están conectadas a un multiplexor pasivo interno (WDM) con una salida de fibra óptica multiplexada a un enlace secundario como protección. Ver figura 4.29.



Figura 4.29 Cableado de fibras ópticas en módulos Transmisor y Receptor Óptico

Fuente: Propia

4.3.5 Integración de la Unidad de Red Óptica (ONU) a la red de acceso fijo

El dispositivo MA5633 converge al Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800, por lo tanto, la configuración lógica se realiza a través del Terminal de Línea Óptica OLT MA5800 mediante la Interfaz de línea de Comandos (CLI). La configuración es extensa y excede el propósito de este trabajo.

La configuración física se realiza en el módulo radio frecuencia (RF) del dispositivo MA5633 con el fin de calibrar las señales descendentes y ascendentes con los parámetros de acuerdo al dimensionamiento.

a) Configuración física del módulo Radio Frecuencia (RF)

Se realiza los siguientes pasos:

- Se instala un filtro paso bajo (LFP) de 1008MHz para el rango de frecuencias.
- Se instala ecualizadores con grifo de color azul y atenuadores con grifos de color amarillo.
- Se instala un duplexor en cada puerto radiofrecuencia (RF) con el fin de filtrar las señales descendentes y ascendentes.
- Se instala fusibles en cada puerto radiofrecuencia (RF) con el fin transmitir la salida de las señales por los cuatro puertos. Ver figura 4.30.

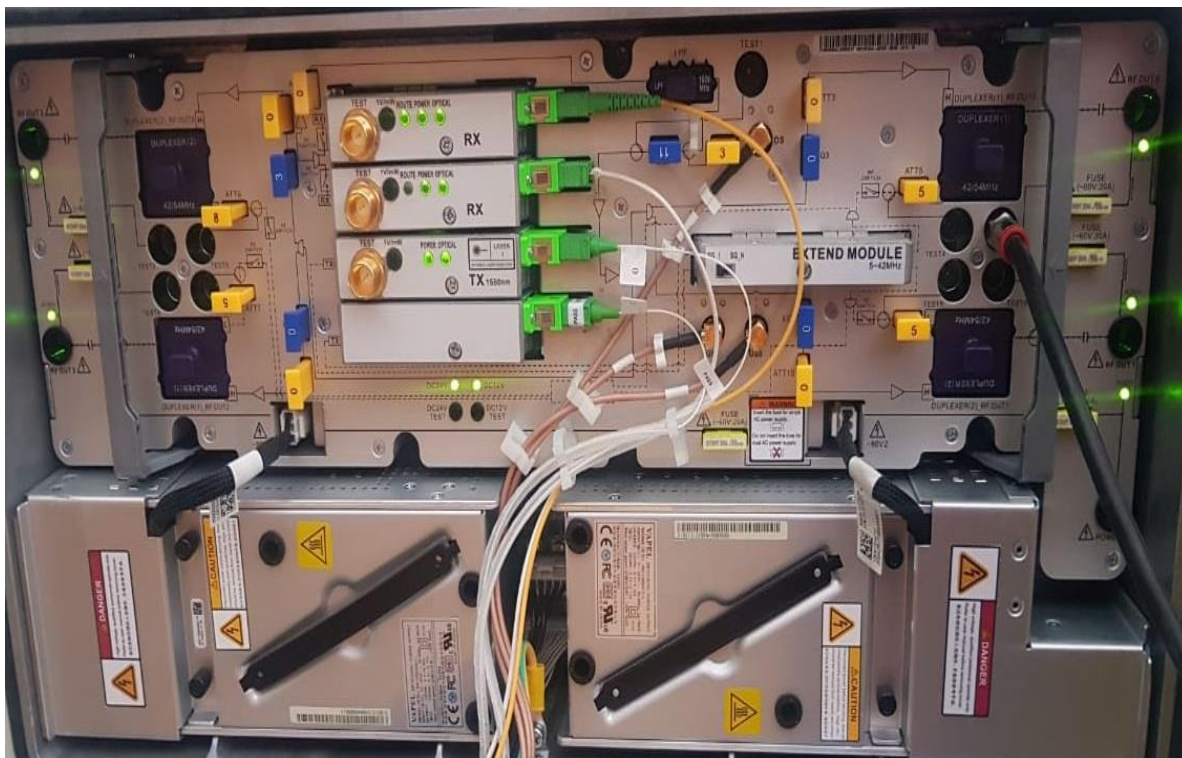


Figura 4.30 Calibración en el módulo Radiofrecuencia (RF)

Fuente: Propia

b) Configuración física del módulo extendido (Extend Module)

Se realiza la configuración en modo (SG_1) con el fin de que las señales ascendentes de televisión por cable (CATV) que se recibe por los 4 puertos radio frecuencia (RF) se habiliten en el transmisor óptico (Tx). Ver figura 4.31.



Figura 4.31 Configuración modo (SG_1) en el módulo extendido

Fuente: Propia

4.4 Validación de la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP)

La validación se realiza con instrumentos de medición como medidor de potencia óptica (optical power meter), fuente de luz, microscopio, analizador de espectro radio frecuencia (RF) y se comprueba de manera lógica mediante la Interfaz de Línea de Comandos (CLI).

Se desarrollan los siguientes ítems:

- Validación en planta interna
- Validación en planta externa
- Validación final de los servicios empaquetados.

4.4.1 Validación de la solución en planta interna

Se realiza a través de Línea de Comandos (CLI) desde el Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800. En la ciudad de Huancayo, este dispositivo se configura con el nombre de oltHuancayo02.

a. Estado y ubicación de componentes

Se realiza de manera lógica mediante la Interfaz de Línea de Comandos (CLI) con el comando “**display board 0**”.

Se verifica la ubicación con un identificador de ranura (slot ID), estado de correcto funcionamiento y cantidad de tarjetas electrónicas que se inserta en el Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800.

TABLA N° 4.2 Estado y Ubicación de componentes electrónicos

Fuente: Propia

```
Huawei Integrated Access Software (MA5800).
Copyright(C) Huawei Technologies Co., Ltd. 2002-2017. All rights reserved.
-----

oltHuancayo02>display board 0
{ <cr>||<K> }:
```

SlotID	BoardName	Status	SubType0	SubType1	Online/Offline
0					
1	H901GPHF	Normal			
2	H901GPHF	Normal			
3					
4					
5					
6					
7					
8	H902MPLA	Active_normal			
9	H902MPLA	Standby_normal			
10	H901PILA	Normal			
11	H901PILA	Normal			

```
-----
oltHuancayo02>
```

Se verifica las capacidades totales del Terminal de Línea Óptica (OLT) a través de cada componente electrónico controlador principal y de protección.

- El componente controlador se ubica en la ranura 8, lógicamente ubicado en la interfaz 0/8 y presenta cuatro puertos ópticos ethernet, cada uno con capacidad máxima de 10 Gigabits por segundo (Gbps). Se verifica el puerto 0 en estado normal y en línea con su capacidad máxima de 10 Gigabits por segundo (Gbps).

TABLA N° 4.3 Capacidad de 10 Gigabits por segundo (Gbps) del controlador principal Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display board 0/8
{ <cr>||<K> }:
```

Command:
display board 0/8

```
-----
Board Name       : H902MPLA
Board Status     : Active normal
-----
```

```
-----
Power Status      Power-off cause      Power-off Time
-----
POWER-ON         -                          -
-----
```

Port	Port Type	Optic Status	Native VLAN	MDI	Speed (Mbps)	Duplex	Flow-Ctrl	Active State	Link
0	10GE	normal	1	-	10000	full	off	active	online
1	10GE	absence	1	-	10000	full	off	deactive	offline
2	10GE	absence	1	-	10000	full	off	deactive	offline
3	10GE	absence	1	-	10000	full	off	deactive	offline

- El componente controlador se ubica en la ranura 9, lógicamente ubicado en la interfaz 0/9 y presenta cuatro puertos ópticos ethernet, cada uno con capacidad máxima de 10 Gigabits por segundo (Gbps). Se verifica el puerto 0 en estado normal y en línea con su capacidad máxima de 10 Gigabits por segundo (Gbps).

TABLA N° 4.4 Capacidad de 10 Gigabits por segundo (Gbps) del controlador protección Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display board 0/9
{ <cr>||<K> }:
```

Command:
display board 0/9

```
-----
Board Name       : H902MPLA
Board Status     : Standby normal
-----
```

```
-----
Power Status      Power-off cause      Power-off Time
-----
POWER-ON         -                          -
-----
```

Port	Port Type	Optic Status	Native VLAN	MDI	Speed (Mbps)	Duplex	Flow-Ctrl	Active State	Link
0	10GE	normal	1	-	10000	full	off	active	online
1	10GE	absence	1	-	10000	full	off	deactive	offline
2	10GE	absence	1	-	10000	full	off	deactive	offline
3	10GE	absence	1	-	10000	full	off	deactive	offline

b. Cualidades Técnicas del módulo óptico Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON)

Se verifica las cualidades técnicas del módulo óptico y su ubicación de la tarjeta electrónica Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) mediante comando “**display port state 0**”.

En el enlace principal, se ubica el modulo óptico en la interfaz 0/1/0. Desde el Terminal de Línea Óptica (OLT) se transmite la señal óptica con longitud de onda 1490 nanómetros (nm) y un nivel de potencia de transmisión óptica (Tx) de 3.72 decibelio-milivatio (dBm).

TABLA N° 4.5 Cualidades técnicas del módulo óptico para el enlace primario

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02(config-if-gpon-0/1)#display port state 0
{ <cr>||<K> }:
```

Port Information	
F/S/P	0/1/0
Port state	Online

Optical Module State	
Optical Module status	Online
Laser state	Normal
TX fault	Normal
Temperature (C)	44
TX Bias current (mA)	30
Supply Voltage (V)	3.19
TX power (dBm)	3.72

Optical Module Static Information	
Module type	GPON
Module sub-type	CLASS B+
Used type	OLT
Encapsulation Type	SFP
SFF-8472 Compliance	Includes functionality described in Rev 9.5
Max Distance (Km)	20
Max rate (Kbps)	2500000
Rate Identifier	Unspecified(0x0)
Wave length (nm)	1490
Fiber type	Single Mode

```
oltHuancayo02(config-if-gpon-0/1)#
```

En el enlace de protección, se ubica el modulo óptico en la interfaz 0/2/0. Desde el Terminal de Línea Óptica (OLT) se transmite la señal óptica con longitud de onda 1490 nanómetros (nm) y un nivel de potencia de transmisión óptica (Tx) de 3.77 decibelio-milivatio (dBm).

TABLA N° 4.6 Cualidades técnicas del módulo óptico para el enlace de protección

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02(config-if-gpon-0/2)#display port state 0
{ <cr>||<K> }:

Command:
  display port state 0
-----
Port Information
-----
F/S/P          0/2/0
Port state     Online
-----
Optical Module State
-----
Optical Module status   Online
Laser state             Normal
TX fault                Normal
Temperature (C)         33
TX Bias current (mA)    6
Supply Voltage (V)     3.27
TX power (dBm)         3.77
-----
Optical Module Static Information
-----
Module type           GPON
Module sub-type       CLASS B+
Used type             OLT
Encapsulation Type   SFP
SFF-8472 Compliance  Includes functionality described in Rev 9.5
Max Distance (Km)    40
Max rate (Kbps)      2500000
Rate Identifier       Unspecified(0x0)
Wave length (nm)     1490
Fiber type            Single Mode

oltHuancayo02(config-if-gpon-0/2)#

```

c. Pruebas de laser en la fibra óptica

Se comprueba el estado y el correcto canalizado de las fibras ópticas con la fuente de luz roja del dispositivo laser. Ver figura 4.32.

**Figura 4.32** Fuente de luz roja

Fuente: Propia

Se conecta la férula de la fibra óptica al laser, se emite luz roja y se verifica en el otro extremo de la fibra óptica la salida de luz roja. Ver figura 4.33, 4.34 y 4.35.



Figura 4.33 Emisión de luz roja en la fibra óptica de la fuente de televisión
Fuente: Propia

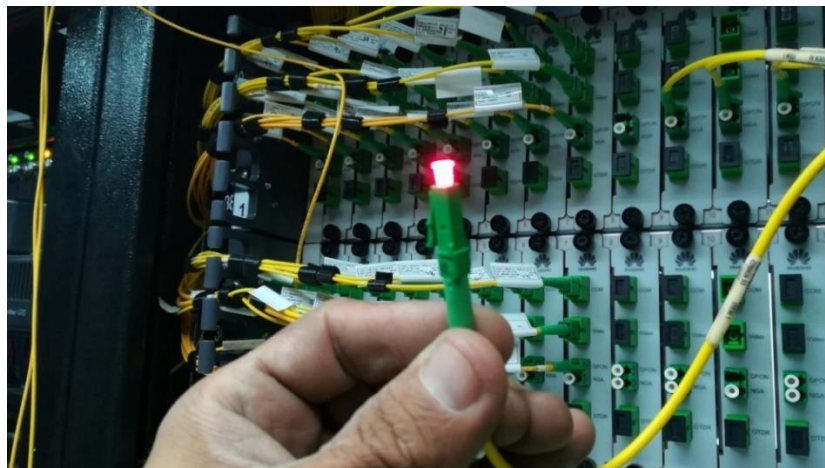


Figura 4.34 Salida de luz roja en la fibra óptica del multiplexor (WDMr)
Fuente: Propia



Figura 4.35 Salida de luz roja en la fibra óptica del divisor óptico (splitter)
Fuente: Propia

d. Pruebas microscópicas en la fibra óptica

La finalidad de las pruebas microscópicas es verificar alguna impureza en la férula de la fibra óptica mediante el analizador de núcleo de fibra modelo Mutitester EXFO. Ver figura 4.36.



Figura 4.36 Microscopio de fibra óptica modelo Multitester EXFO

Fuente: Propia

Se realiza las pruebas microscópicas para las 4 fibras ópticas en la salida del Distribuidor de fibra óptica (ODF) hacia la planta externa. Figura 4.37 y 4.38.



Figura 4.37 Prueba microscopia en las fibras ópticas de las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) de los enlaces principal y protección

Fuente: Propia



Figura 4.38 Prueba microscopia en las fibras ópticas de las señales de televisión de los enlaces principal y protección

Fuente: Propia

e. Mediciones de potencia ópticas

Se realiza las mediciones con un medidor de potencia óptica (Optical Power Meter) en las fibras ópticas desde el Distribuidor de Fibra Óptica (ODF) para los 4 enlaces de fibras ópticas que transmiten las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) y señales de televisión.

- Medición en la fibra óptica con longitud de onda de 1490nm. Trasmite el flujo de datos de los servicios Internet y Telefonía por el enlace primario. Ver figura 4.39.



Figura 4.39 Medición de potencia óptica de las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) del enlace primario

Fuente: Propia

- Medición en la fibra óptica con longitud de onda de 1490nm. Trasmite el flujo de datos de los servicios Internet y Telefonía por el enlace de protección. Ver figura 4.40.



Figura 4.40 Medición de potencia óptica de las señales Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) del enlace de protección

Fuente: Propia

- Medición en la fibra óptica con longitud de onda de 1310nm. Transmite el flujo de datos del servicio de televisión por el enlace primario. Ver figura 4.41.



Figura 4.41 Medición de potencia óptica de las señales de televisión en el enlace primario

Fuente: Propia

- Medición en la fibra óptica con longitud de onda de 1310nm. Transmite el flujo de datos del servicio de televisión por el enlace de protección Ver figura 4.42.



Figura 4.42 Medición de potencia óptica de las señales de televisión en el enlace de protección

Fuente: Propia

f. Pruebas de conectividad hacia la red de capa superior

Se realizan pruebas de conectividad desde la Red de área amplia (WAN) del direccionamiento Protocolo de internet (IP) de cada tipo de red hacia los Sistema de nombre de dominio (DNS) de Google, servidores Protocolo de configuración dinámica de host (DHCP) del operador.

Estas pruebas es través de la Línea de interface de comandos (CLI) del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800.

f.1 Prueba de conectividad hacia los servidores Protocolo de configuración dinámica de host (DHCP)

La asignación de las direcciones Protocolo Internet (IP) versión 4 y versión 6 del tipo de red del usuario se aprovisionan de manera automática desde los servidores Protocolo de configuración dinámica de host (DHCP), por lo tanto, se valida conectividad hacia el Protocolo de internet (IP) de los servidores DHCP desde el Protocolo de internet (IP) de la Puerta de enlace (Gateway) de cada red. Tabla N° 4.7- 4.11.

TABLA N° 4.7 Prueba de conectividad en la subred autoprovisionamiento

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#ping -a 10.160.8.1 -c 10 172.19.146.16
{ <cr>|ip-forwarding<K> }:
```

Command:

```

ping -a 10.160.8.1 -c 10 172.19.146.16
PING 172.19.146.16: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=1 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=2 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=3 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=4 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=5 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=6 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=7 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=8 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=9 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=10 ttl=59 time=11 ms

--- 172.19.146.16 ping statistics ---
  10 packet(s) transmitted
  10 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 10/10/11 ms
```

TABLA N° 4.8 Prueba de conectividad en la subred gestión de cable modem

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#ping -a 10.157.192.1 -c 10 172.19.146.16
{ <cr>|ip-forwarding<K> }:
```

Command:

```

ping -a 10.157.192.1 -c 10 172.19.146.16
PING 172.19.146.16: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=1 ttl=59 time=12 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=2 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=3 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=4 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=5 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=6 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=7 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=8 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=9 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=10 ttl=59 time=11 ms

--- 172.19.146.16 ping statistics ---
  10 packet(s) transmitted
  10 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 10/11/12 ms
```

TABLA N° 4.9 Prueba de conectividad en la subred de telefonía

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#ping -a 10.31.224.1 -c 10 172.19.146.16
{ <cr>|ip-forwarding<K> }:
```

Command:

```

ping -a 10.31.224.1 -c 10 172.19.146.16
PING 172.19.146.16: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=1 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=2 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=3 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=4 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=5 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=6 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=7 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=8 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=9 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=10 ttl=59 time=11 ms

--- 172.19.146.16 ping statistics ---
  10 packet(s) transmitted
  10 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 10/10/11 ms
```


TABLA N° 4.10 Prueba de conectividad en la subred de internet residencial

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#ping -a 10.169.16.1 -c 10 172.19.146.16
{ <cr>|ip-forwarding<k> }:
```

Command:

```

ping -a 10.169.16.1 -c 10 172.19.146.16
PING 172.19.146.16: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=1 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=2 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=3 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=4 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=5 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=6 ttl=59 time=11 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=7 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=8 ttl=59 time=12 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=9 ttl=59 time=10 ms
  Reply from 172.19.146.16: bytes=56 Sequence=10 ttl=59 time=10 ms

--- 172.19.146.16 ping statistics ---
  10 packet(s) transmitted
  10 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 10/10/12 ms
```

TABLA N° 4.11 Prueba de conectividad en la subred de protocolo internet (IP) versión 6

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#ping ipv6 -a 2800:200:44:8E44::1 -c 10 2800:200:44:44::25
{ <cr>|-i<k> }:
```

Command:

```

ping ipv6 -a 2800:200:44:8E44::1 -c 10 2800:200:44:44::25
PING 2800:200:44:44::25 : 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=1 hop limit=63 time=5 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=2 hop limit=63 time=12 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=3 hop limit=63 time=17 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=4 hop limit=63 time=11 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=5 hop limit=63 time=11 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=6 hop limit=63 time=11 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=7 hop limit=63 time=11 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=8 hop limit=63 time=12 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=9 hop limit=63 time=11 ms
  Reply from 2800:200:44:44::25
  bytes=56 Sequence=10 hop limit=63 time=11 ms

--- 2800:200:44:44::25 ping statistics---
  10 packet(s) transmitted
  10 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max=5/11/17 ms
```

f.2 Prueba de conectividad hacia el servidor Subsistema Multimedia IP (IMS)

Con el fin de establecer las sesiones de llamadas de voz se necesita conectividad desde la red telefonía hacia el Protocolo de internet (IP) del servidor Subsistema Multimedia IP (IMS).

TABLA N° 4.12 Prueba de conectividad en la subred de telefonía hacia el servidor
Subsistema Multimedia IP (IMS)

Fuente: Propia

```
o1tHuancayo02#ping -a 10.31.224.1 -c 10 10.95.190.133
{ <cr>|ip-forwarding<k> }:
```

Command:

```
ping -a 10.31.224.1 -c 10 10.95.190.133
PING 10.95.190.133: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=1 ttl=62 time=11 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=2 ttl=62 time=11 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=3 ttl=62 time=10 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=4 ttl=62 time=10 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=5 ttl=62 time=11 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=6 ttl=62 time=11 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=7 ttl=62 time=10 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=8 ttl=62 time=11 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=9 ttl=62 time=11 ms
  Reply from 10.95.190.133: bytes=56 Sequence=10 ttl=62 time=11 ms

--- 10.95.190.133 ping statistics ---
  10 packet(s) transmitted
  10 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 10/10/11 ms
```

f.3 Prueba de conectividad hacia los servidores de Sistema de nombre de dominio (DNS)

Con el fin de habilitar el internet a las redes de usuarios de tipo residencial y empresarial se necesita conectividad a los servidores Sistema de nombre de dominio (DNS) del operador y google.

TABLA N° 4.13 Dirección Protocolo de internet (IP) de los servidores Sistema de nombre de dominio (DNS)

Fuente: Propia

DNS IPv4 operador	190.113.220.51
DNS IPv4 google	8.8.8.8

TABLA N° 4.14 Prueba de conectividad en subred de usuario residencial hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) google

Fuente: Propia

```
o1tHuancayo02(config)#ping -a 10.169.16.1 -nexthop 10.150.148.125 8.8.8.8
{ <cr>|ip-forwarding<k> }:
```

Command:

```
ping -a 10.169.16.1 -nexthop 10.150.148.125 8.8.8.8
PING 8.8.8.8: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=1 ttl=55 time=88 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=2 ttl=55 time=88 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=3 ttl=55 time=88 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=4 ttl=55 time=89 ms
  Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=5 ttl=55 time=89 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 88/88/89 ms
```

TABLA N° 4.15 Prueba de conectividad en subred de usuario empresarial hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) google

Fuente: Propia

```
o1tHuancayo02(config)#ping -a 190.117.48.129 -c 10 8.8.8.8
{ <cr>|ip-forwarding<k> }:
```

```
Command:
ping -a 190.117.48.129 -c 10 8.8.8.8
PING 8.8.8.8: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=1 ttl=56 time=73 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=2 ttl=56 time=74 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=3 ttl=56 time=73 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=4 ttl=56 time=74 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=5 ttl=56 time=74 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=6 ttl=56 time=73 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=7 ttl=56 time=74 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=8 ttl=56 time=73 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=9 ttl=56 time=74 ms
Reply from 8.8.8.8: bytes=56 Sequence=10 ttl=56 time=74 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
10 packet(s) transmitted
10 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 73/73/74 ms
```

TABLA N° 4.16 Prueba de conectividad en subred de usuario empresarial hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) operador

Fuente: Propia

```
o1tHuancayo02#ping -a 190.117.48.129 190.113.220.51
{ <cr>|ip-forwarding<k> }:
```

```
Command:
ping -a 190.117.48.129 190.113.220.51
PING 190.113.220.51: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 190.113.220.51: bytes=56 Sequence=1 ttl=60 time=10 ms
Reply from 190.113.220.51: bytes=56 Sequence=2 ttl=60 time=10 ms
Reply from 190.113.220.51: bytes=56 Sequence=3 ttl=60 time=12 ms
Reply from 190.113.220.51: bytes=56 Sequence=4 ttl=60 time=11 ms
Reply from 190.113.220.51: bytes=56 Sequence=5 ttl=60 time=11 ms

--- 190.113.220.51 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 10/10/12 ms
```

f.4 Prueba de conectividad hacia los servidores de Sistema de nombre de dominio (DNS) Protocolo de internet versión 6 (IPv6)

Con el fin de habilitar el protocolo de internet versión 6 a las redes de usuarios de tipo residencial y empresarial se necesita conectividad a los servidores Sistema de nombre de dominio (DNS) del operador.

TABLA N° 4.17 Dirección Protocolo de internet versión 6 (IPv6) de los servidores Sistema de nombre de dominio (DNS)

Fuente: Propia

DNS IPv6	2800:200:2000::d0
----------	-------------------

TABLA N° 4.18 Prueba de conectividad en subred de usuario empresarial Protocolo de internet versión 6 (IPv6) hacia Sistema de nombre de dominio (DNS) del operador

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#ping ipv6 -a 2800:200:44:8E44::1 2800:200:2000::d0
{ <cr>|<i>K } :

Command:
  ping ipv6 -a 2800:200:44:8E44::1 2800:200:2000::d0
PING 2800:200:2000::D0 : 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 2800:200:2000::D0
  bytes=56 Sequence=1 hop limit=62 time=5 ms
  Reply from 2800:200:2000::D0
  bytes=56 Sequence=2 hop limit=62 time=11 ms
  Reply from 2800:200:2000::D0
  bytes=56 Sequence=3 hop limit=62 time=12 ms
  Reply from 2800:200:2000::D0
  bytes=56 Sequence=4 hop limit=62 time=11 ms
  Reply from 2800:200:2000::D0
  bytes=56 Sequence=5 hop limit=62 time=10 ms

--- 2800:200:2000::D0 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max=5/9/12 ms

```

f.5 Establecimiento de sesiones Protocolo de puerta de enlace de frontera (BGP)

El Protocolo de puerta de enlace de frontera (BGP) de enrutamiento dinámico permite aprender y publicar rutas de Protocolo de internet (IP) de todos los usuarios a los dispositivos de capa superior, esto nos permite transmitir la comunicación de los servicios empaquetados.

TABLA N° 4.19 Sesiones establecidas del Protocolo de puerta de enlace de frontera (BGP)

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#display bgp all summary
{ <cr>|<i>K } :

Command:
  display bgp all summary

BGP local router ID : 10.150.129.226
Local AS number : 65061

Address Family:Ipv4 Unicast
-----
Total number of peers : 10                Peers in established state : 10

Peer          AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down    State      Rtrcv  RtAdv
10.150.129.225 12252 2296739 2302544    0 5321h45m Established    7     3
10.150.129.229 12252 2301847 2302644    0 5320h32m Established    7     3
10.150.130.225 12252 2296767 2302381    0 5321h45m Established    1     1
10.150.130.229 12252 2301603 2302524    0 5320h32m Established    1     1
10.150.131.225 12252 2296572 2302737    0 5321h45m Established    1     8
10.150.131.229 12252 2301565 2302628    0 5320h32m Established    1     8
10.150.148.121 12252 2296456 2302847    0 5321h45m Established    1     4
10.150.148.125 12252 2301671 2302358    0 5320h32m Established    1     4
190.222.3.41   12252 2296665 2302629    0 5321h45m Established    1     4
190.222.3.45   12252 2301759 2302711    0 5320h32m Established    1     4
Address Family:Ipv6 Unicast
-----
Total number of peers : 2                Peers in established state : 2

Peer          AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down    State      Rtrcv  RtAdv
2800:200:2000::8004:4446 12252 2296902 2302808    0 5321h45m Established    1
2800:200:2000::8004:4456 12252 2301625 2302814    0 5320h32m Established    1
Address Family:Vpnv4 All
-----
Total number of peers : 10                Peers in established state : 10

```

Con las tablas se valida la conectividad a la red de capa superior y comunicación de los servicios empaquetados.

4.4.2 Validación de la solución en planta externa

Se realiza a través de Línea de Comandos (CLI) desde el Terminal de Línea Óptica (OLT) modelo MA5800.

La Unidad de Red Óptica (ONU) dispositivo MA5633 se ubica en la planta externa y se le asigna un nodo denominado "HYHY004". El dispositivo MA5633 de manera lógica se le asigna un identificador de estructura (frame ID): 2 e identificador tipo GPON (ONT ID): 124 y ubicación desde la interfaz del Terminal de Línea Óptica (OLT). Se presentan dos interfaces 0/1/0 como enlace principal y 0/2/0 como enlace de protección.

TABLA N° 4.20 Descripción del dispositivo MA5633

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display frame info 2
{ <cr>||<K> }:
```

Command:	
display	frame info 2

```
Type:           MA5633
State:          Normal
Desc:           HYHY004
Hardware:       MA5633(10CHUP,Double Remote AC,EQAM,4RF,Optical receiver,
                Optical transmitter,WDM,RF switch(Two-state),Duplexer(42M/54M)
Extend type:    GPON
Extending port: 0 /1 /0
ONT ID:         124
ONT SN:        48575443279F819C
Extended port:  2 /0 /1
Online state:   Online
Optical-node:  Online
```

```
oltHuancayo02#
```

a. Niveles ópticos de las interfaces Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) y Receptor Óptico

Se verifican los niveles ópticos GPON en el módulo Conversor de Medio Coaxial (CMC) y en el módulo Receptor Óptico.

a.1 Conversor de Medio Coaxial (CMC)

Se validan los niveles ópticos nominales de recepción tanto en las interfaces principal y de protección en los puertos 0 y 1 del módulo Conversor de Medio Coaxial (CMC).

- Ubicación lógica de la Unidad de Red Óptica (ONU) 0/1/0 Identificador (ONT ID) 124 y físicamente conectado al Puerto 0 del módulo óptico Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON). Se valida nivel óptico de recepción de -12.99 dBm en el valor nominal.

TABLA N° 4.21 Nivel óptico en puerto 0 del Conversor de Medio Coaxial

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display ont info summary 0/1/0
{ <cr>||<K> }:
```

Command:
display ont info summary 0/1/0
Command is being executed. Please wait

ONT ID	SN	Type	Distance (m)	Rx/Tx power (dBm)	Description
124	48575443279F819C	5633	15636	-12.99/3.23	HYHY004

- Ubicación lógica de la Unidad de Red Óptica (ONU) 0/2/0 Identificador (ONT ID) 124 y físicamente conectado al Puerto 1 del módulo óptico Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON). Se valida nivel óptico de recepción de -10.20dBm en el valor nominal.

TABLA N° 4.22 Nivel óptico en puerto 1 del Conversor de Medio Coaxial

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display ont info summary 0/2/0
{ <cr>||<K> }:
```

Command:
display ont info summary 0/2/0
Command is being executed. Please wait

ONT ID	SN	Type	Distance (m)	Rx/Tx power (dBm)	Description
124	-----	5633	9006	-10.20/3.03	ONT_NO_DESCRIPTION

a.2 Receptor Óptico (Rx)

Se verifican los niveles ópticos de recepción en los módulos Receptor Óptico (Rx0) y (Rx1) siendo las potencias ópticas 2.07dBm dentro de los valores nominales.

TABLA N° 4.23 Nivel óptico en los módulos Receptores Ópticos (Rx)

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02(config-optical-receiver-2)#display optical-receiver run info
{ <cr>||<K> }:
```

Command:
display optical-receiver run info
System run information

```
-----
optical workmode: prefer-channel 0
optical active channel: 0
optical channel[0] power: 2.07 dBm
optical channel[0] power alarm status: Normal
optical channel[0] power alarm lower threshold: -10.00 dBm
optical channel[0] power alarm upper threshold: 3.00 dBm
optical channel[0] AGC mode:on range:-2 dBm to +2 dBm
optical channel[1] power: 2.07 dBm
optical channel[1] power alarm status: Normal
optical channel[1] power alarm lower threshold: -10.00 dBm
optical channel[1] power alarm upper threshold: 3.00 dBm
optical channel[1] AGC mode:on range:-2 dBm to +2 dBm
RF power: 34.8 dBmV(total power)
RF power alarm status: Normal(total power)
RF power alarm lower threshold: -10.0 dBmV(total power)
RF power alarm upper threshold: 45.0 dBmV(total power)
RF attenuation: 0 dB
RF output switch: on
current input voltage1: +5.0 V
current input voltage2: +23.6 V
-----
```


b. Grupo de protección a nivel óptico

Se verifica de manera lógica mediante Interface de línea de comandos (CLI) la protección de Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) tipo C en la interfaz principal 0/1/0 e interfaz de protección 0/2/0. Estos pertenecen a un grupo de protección con identificador (Group ID) 1.

TABLA N° 4.24 Protección de Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) tipo C

Fuente Propia

```
o1tHuancayo02(config)#display protect-group 1
{ <cr>||<k> }:
```

```
Command:
      display protect-group 1
-----
```

```
Group ID       : 1
Protect Target : ONT of GPON
Work Mode      : portstate
Description     :
Admin State    : enable
Operation      : none
Reversion      : enable
Reversion Time(s): 60
-----
```

Member	Role	Operation	State	PeerMember
0/1/0/124	work	none	active	none
0/2/0/124	protect	none	standby	none

```
-----
Standby Member Status : ready
o1tHuancayo02(config)#
```

Se verifica la protección para señales de televisión en los módulos transmisor y receptor óptico en modo de trabajo 2SG-2TX.

TABLA N° 4.25 Protección modo de trabajo 2SG-2TX

Fuente: Propia

```
o1tHuancayo02(config-optical-transmitter-2)#display optical-transmitter run info
{ <cr>||<k> }:
```

```
Command:
      display optical-transmitter run info
System run information
-----
```

```
Optical-transmitter channel[0] power: 2.94 dBm
Optical-transmitter channel[0] power alarm status: Normal
Optical-transmitter channel[0] power alarm lower threshold: 1.00 dBm
Optical-transmitter channel[0] power alarm upper threshold: 5.00 dBm
Optical-transmitter channel[0] wave length: 1550 nm
Optical-transmitter channel[0] Bias current: 30 mA
Optical-transmitter channel[0] Bias current alarm status: Normal
Optical-transmitter channel[0] Bias current alarm lower threshold: 10 mA
Optical-transmitter channel[0] Bias current alarm upper threshold: 60 mA
Optical-transmitter channel[1] power: 2.97 dBm
Optical-transmitter channel[1] power alarm status: Normal
Optical-transmitter channel[1] power alarm lower threshold: 1.00 dBm
Optical-transmitter channel[1] power alarm upper threshold: 5.00 dBm
Optical-transmitter channel[1] wave length: 1550 nm
Optical-transmitter channel[1] Bias current: 26 mA
Optical-transmitter channel[1] Bias current alarm status: Normal
Optical-transmitter channel[1] Bias current alarm lower threshold: 10 mA
Optical-transmitter channel[1] Bias current alarm upper threshold: 60 mA
current input voltage1: +5.0 V
current input voltage2: +23.6 V
Optical-transmitter workmode: 2SG-2TX
-----
```

c. Frecuencias Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) y Televisión por cable (CATV)

La validación de las portadoras DOCSIS lógicamente por Comandos interface de línea (CLI) y sus parámetros Tasa de error de modulación (MER), Tasa de error bit (BER) y nivel de potencia se realiza mediante un analizador de espectro dispositivo DSAM

La validación de las portadoras de televisión por cable (CATV) y sus parámetros se

realiza mediante un analizador de espectro dispositivo DSAM.

TABLA N° 4.26 Habilitación de frecuencias en transmisión ascendente

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display cable upstream 2/1/0 all status
{ <cr>||<K> }:
```

Command:

```
display cable upstream 2/1/0 all status
```

```
-----
Channel Id                : 1
Admin Status              : enable
Modulation Profile        : 13
Frequency(MHz)            : 17.60
Channel Width(KHz)        : 6400
Operation Status          : up
Channel Type               : ATDMA
-----
```

```
Channel Id                : 2
Admin Status              : enable
Modulation Profile        : 13
Frequency(MHz)            : 24.00
Channel Width(KHz)        : 6400
Operation Status          : up
Channel Type               : ATDMA
-----
```

```
Channel Id                : 3
Admin Status              : enable
Modulation Profile        : 13
Frequency(MHz)            : 30.40
Channel Width(KHz)        : 6400
Operation Status          : up
Channel Type               : ATDMA
-----
```

```
Channel Id                : 4
Admin Status              : enable
Modulation Profile        : 13
Frequency(MHz)            : 36.80
Channel Width(KHz)        : 6400
Operation Status          : up
Channel Type               : ATDMA
-----
```


TABLA N° 4.27 Habilitación de frecuencias en transmisión descendente

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#display cable downstream 2/1/0 all status -----
{ <cr>||<K> } : Channel ID : 8
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 549.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Command: display cable downstream 2/1/0 all status
Channel ID : 3
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 579.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 4
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 573.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 5
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 567.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 6
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 561.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 7
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 555.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
-----
Channel ID : 8
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 549.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 9
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 537.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 10
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 531.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 11
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 525.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 12
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 519.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 13
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 513.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----
Channel ID : 14
Admin Status : enable
Frequency(MHz) : 507.00
Modulation : qam256
Interleave Depth : 8: {8,16}
Transmit Power(dBmV) : 41.5
Operation Status : up
Inactive Reason : -
Symbol Rate(Msym/s) : 5.361
Annex mode : AnnexB
-----

```

Se habilita y configura el analizador de espectros dispositivo DSAM para a la Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS). Ver figura 4.43, 4.44 y 4.45.

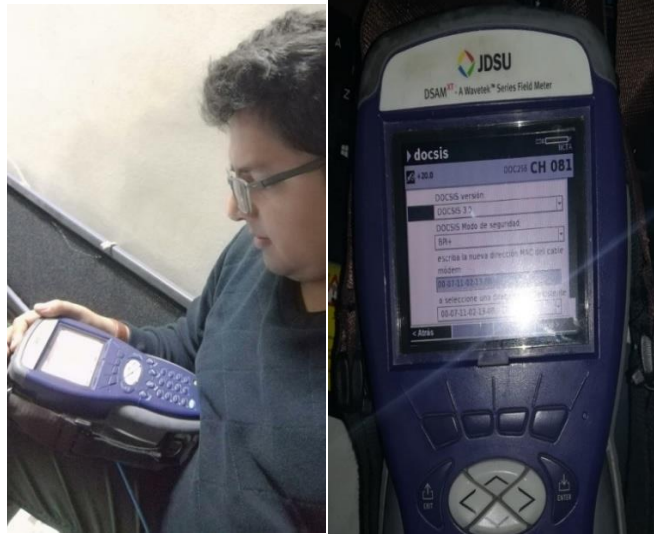


Figura 4.43 Habilitación y configuración del analizador DSAM

Fuente: Propia

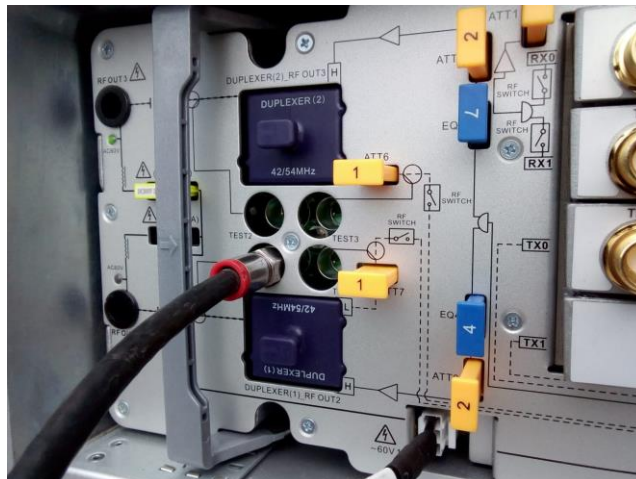


Figura 4.44 Conexión al puerto radiofrecuencia (RF) de prueba

Fuente: Propia



Figura 4.45 Testeo de señales radiofrecuencia

Fuente: Propia

Se muestra el espectro completo de las señales radiofrecuencia Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) y televisión por cable (CATV). Ver figura 4.46.



Figura 4.46 Espectro completo de radiofrecuencia

Fuente: Propia

Se observa los parámetros promedio de todos los canales de transmisión ascendente y descendente con Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0 en sus valores nominales. Ver figura 4.47.

- Tasa de error modulación (MER): 39.5 dB.
- Tasa de error bit (BER): 1.0E-9
- Potencia en transmisión ascendente: 40.3 dBmV.
- Potencia en transmisión descendente: 41.9 dBmV.

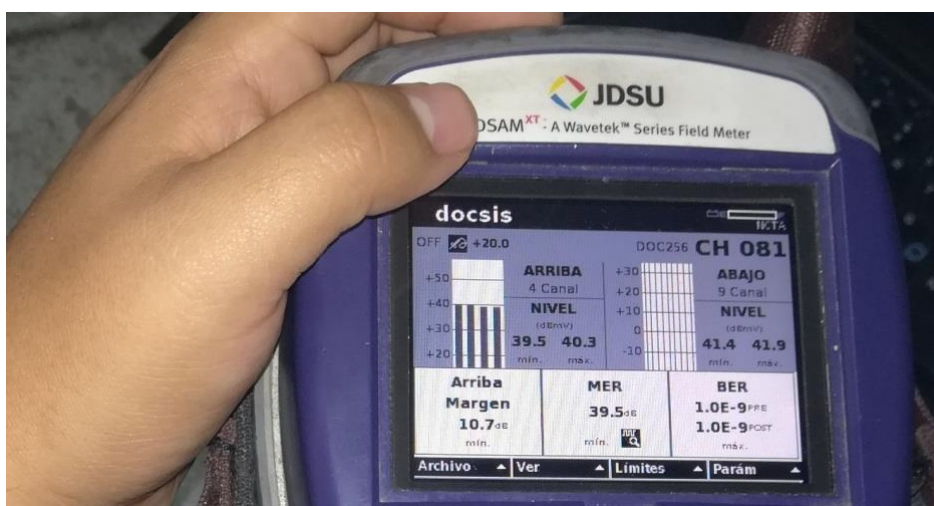


Figura 4.47 Parámetros de las señales con Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0

Fuente: Propia

- Se verifica los niveles de potencia, modulación, tipo de acceso y ancho de banda de cada frecuencia de acuerdo al estándar Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0 para la transmisión ascendente.
 - Modulación: 64 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).
 - Tipo de acceso: Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).
 - Ancho banda: 6.4 Megahercios (MHz).

Para propósitos del presente trabajo se muestra las capturas de algunas frecuencias. Se valida las frecuencias de transmisión ascendente canal (U1) 17.6MHz y canal (U2) 24MHz con nivel de potencia: 40.3 dBmV en su valor nominal. Ver figura 4.48.

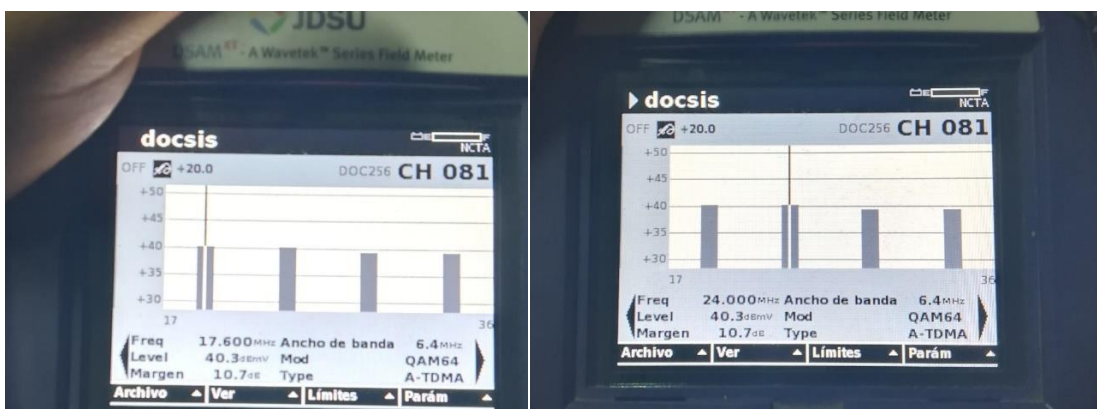


Figura 4.48 Frecuencias de transmisión ascendente canal U1 y U2

Fuente: Propia

Se valida las frecuencias de transmisión ascendente canal (U3) 30.4MHz y canal (U4) 36.8MHz con nivel de potencia: 39.5 dBmV en su valor nominal. Ver figura 4.49.

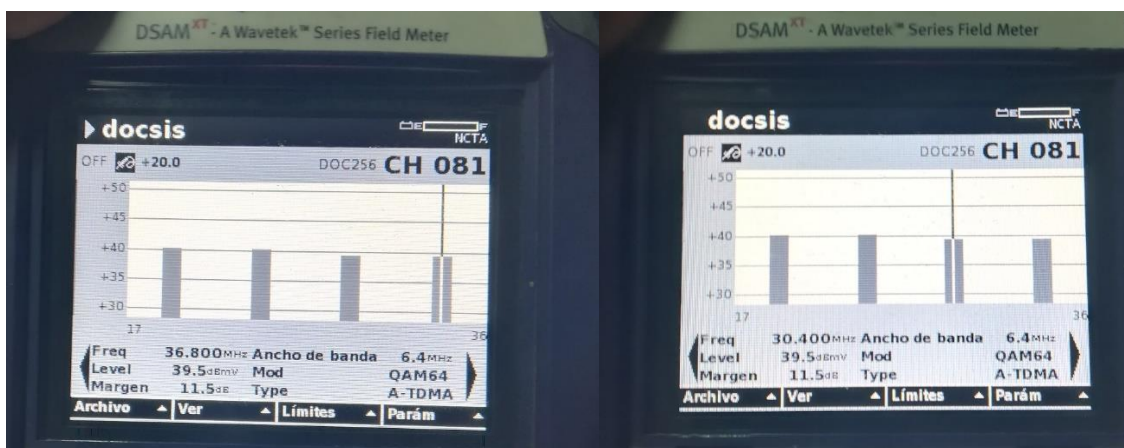


Figura 4.49 Frecuencias de transmisión ascendente canal U3 y U4

Fuente: Propia

- Se verifica los niveles de potencia, Tasa de error modulación (MER), Tasa de error bit (BER), modulación y ancho de banda de cada frecuencia de acuerdo al estándar Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0 para la transmisión descendente.

- Modulación: 256 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).
- Ancho banda: 6.0 Mega Hertz (MHz).

Se valida las frecuencias de transmisión descendente del canal (D5) 567MHz y el canal (D14) 507MHz con MER: 40.5dB, BER: 1.0E-9, nivel de potencia: 41.7 dBmV y 41.3dBmV respectivamente en sus valores nominales. Ver figura 4.50.

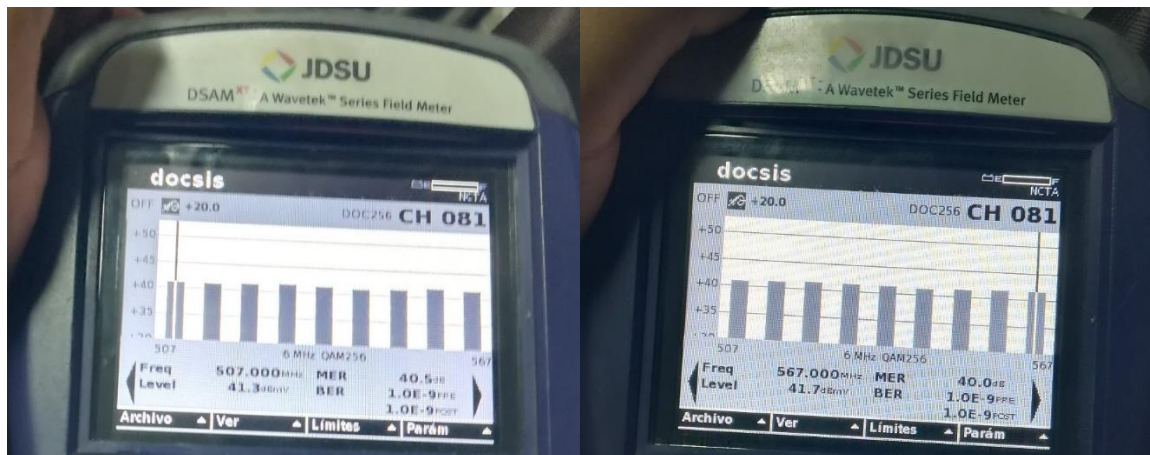


Figura 4.50 Frecuencias de transmisión descendente canal D5 y D14

Fuente: Propia

- Se verifica los niveles de potencia, la frecuencia mínima 603MHz y máxima 849MHz. Se verifica la pendiente de 5.6 dB que es la diferencia entre la máxima y mínima del espectro de radiofrecuencia de las señales de televisión (CATV). Ver figura 4.51.
 - Frecuencia: 603MHz, Potencia radiofrecuencia (RF): 43.4 dBmV.
 - Frecuencia: 849MHz, Potencia radiofrecuencia (RF): 49.0 dBmV.
 - Frecuencia de retorno 42MHz, Potencia radiofrecuencia (RF) 21.0dBmV

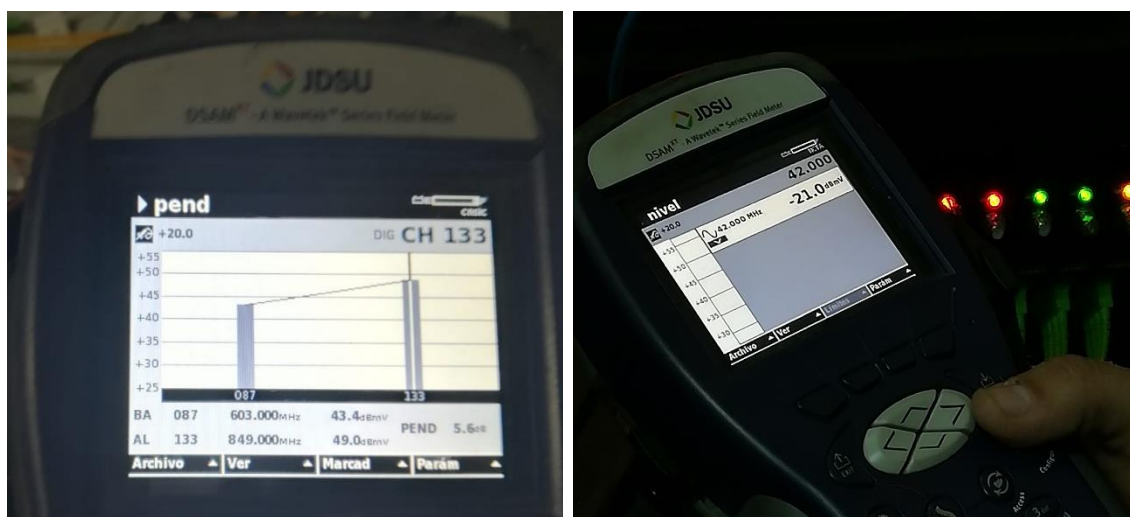


Figura 4.51 Pendiente del espectro de señales de transmisión descendente y frecuencia de transmisión ascendente.

Fuente: Propia

d. Cualidades técnicas del dispositivo terminal cable modem

Antes de instalar el dispositivo MA5633 nodo HYHY004 en un poste de la planta externa, se utiliza un cable modem de prueba con el de validar las cualidades técnicas de este dispositivo terminal.

Se usa un cable modem modelo CISCO con Control de Acceso al Medio (MAC): **BCD1658D72A2**. Ver figura 4.52 y 4.53.



Figura 4.52 Control de acceso al medio (MAC) del terminal cable modem

Fuente: Propia



Figura 4.53 Dispositivo cable modem en línea

Fuente: Propia

Se conecta el terminal cable modem al puerto de prueba del dispositivo MA5633. Ver figura 4.54.

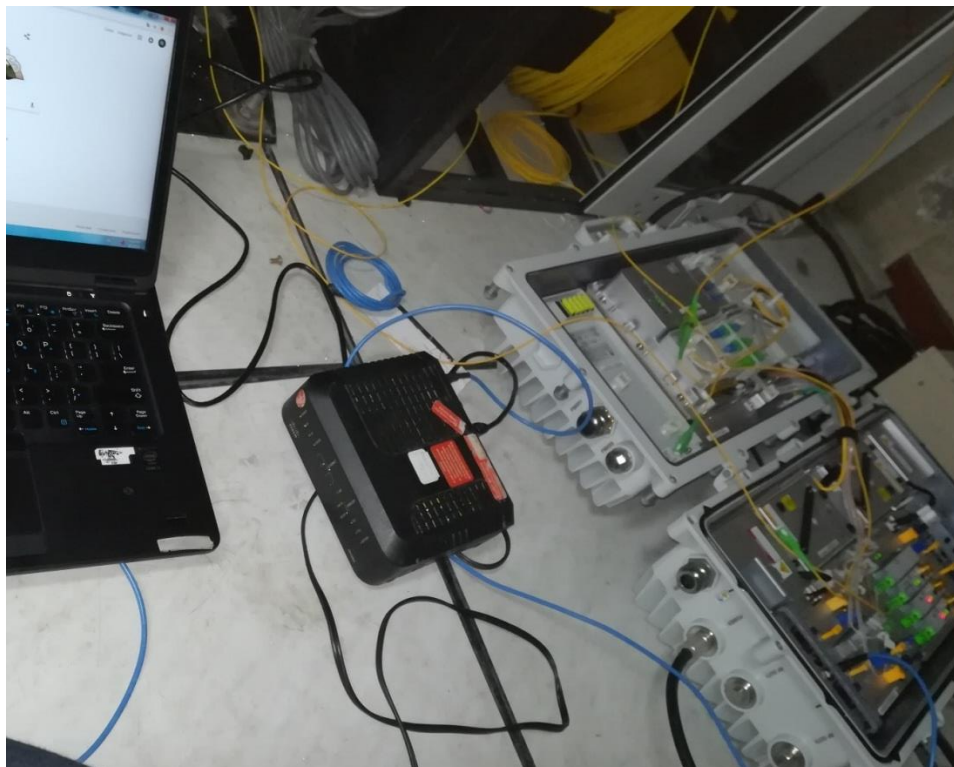


Figura 4.54 Terminal cable modem conectado al dispositivo MA5633

Fuente: Propia

Se valida el modelo CISCO DPQ3925 y su Control de acceso al medio (MAC) del terminal cable modem a través de la Interface de línea de comandos (CLI). Ver tabla 4.28.

TABLA N° 4.28 Modelo Cisco del terminal cable modem

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display cable modem BCD1-658D-72A2 remote-detail
{ <cr>||<K> }:
```

Command:

```
display cable modem BCD1-658D-72A2 remote-detail
This operation will take several minutes, Please wait...
```

```
IP Address           : 10.157.192.109
IPv6 Address         : -
Dual IP              : N
IP Mode              : honorMdd
MAC Address          : BCD1-658D-72A2
SysDescr             : Cisco DPQ3925 DOCSIS 3.0 2-PORT Voice Ga
                       teway <<HW_REV: 1.0; VENDOR: Cisco; BOOT
                       R: 2.3.0_R1; SW_REV: d3925-P15-5-c1100r5
                       593-160215a; MODEL: DPQ3925>>
CM Remote Status     : operational

oltHuancayo02#
```

El terminal cable modem se enlaza al nodo HYHY004 e interfaz cable 2/1/0 del dispositivo MA5633.

TABLA N° 4.29 Terminal cable modem enlazado al nodo denominado HYHY004

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#
oltHuancayo02#display cable modem BCD1-658D-72A2 desc
{ <cr>||<K> } :

Command:
| | display cable modem BCD1-658D-72A2 desc
-----
Idx  MAC          IP              I/F            Status  Prim  Num Ver  DS RX Description
   SID  CPE           Power
-----
2652 BCD1-658D-72A2 10.157.192.109 2/1/0/U1    wol-pt  158  2   D3.0 6.6  HYHY004
-----

Note: 1. Idx is the index of a CM.
      2. The downstream received power and upstream transmit power are in the
         unit of dBmV.
      3. In status, "ol" means online, "rej" means reject.
      4. In IP column, "*" means that CM has an IPv6 address.

oltHuancayo02#

```

Se valida el aprovisionamiento del direccionamiento de Protocolo de internet (IP) en el terminal cable modem para cada servicio. Se indica que el aprovisionamiento se realiza de manera automática de plataformas ajenas al trabajo.

TABLA N° 4.30 Aprovisionamiento del terminal cable modem

Fuente: Propia

```

oltHuancayo02#display cable modem cpe BCD1-658D-72A2 detail
{ <cr>||<K> } :

Command:
| | display cable modem cpe BCD1-658D-72A2 detail
-----
CM Index          : 2652
CM MAC Address    : BCD1-658D-72A2
CM Dual IP        : N
CM IP Address     : 10.157.192.109
CM IPv6 Address   : -
-----
CPE 1:
| MAC              : BCD1-658D-72A6
| Dual IP          : N
| IP Address       : 10.31.225.34
| IPv6 Address     : -
| IPv6 Prefix      : -
| Local Link Address : -
| Device Desc      : MTA
-----
CPE 2:
| MAC              : BCD1-658D-72A4
| Dual IP          : Y
| IP Address       : 10.169.18.235
| IPv6 Address     : 2800:200:44:8E44::348
| IPv6 Prefix      : 2800:200:F890:858::/64
| Local Link Address : FE80::CE0D:ECFF:FEC2:CBE2
| Device Desc      : Router
-----
Total: 2

oltHuancayo02#

```

Se observa que el cable modem engancha con cuatro portadoras de transmisión ascendente y ocho portadoras de transmisión descendente.

Si bien el nodo HYHY004 tiene habilitado las doce portadoras de transmisión descendente, este terminal cable modem engancha con ocho portadoras debido que el modelo CISCO soporta solo ocho portadoras.

Los niveles de potencia óptimos en la recepción del cable modem se encuentran en el rango [-10 a 10]dBmV para canales de transmisión descendente.

La Relación señal/ruido (SNR) en ambas transmisiones tiene un valor nominal de 40dB.

TABLA N° 4.31 Cualidades técnicas del terminal cable modem

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display cable modem phy BCD1-658D-72A2 detail
{ <cr>||<K> }:
```

Command:

```
display cable modem phy BCD1-658D-72A2 detail
```

MAC	I/F	Power(dBmV)			SNR(dB)		
		Min	Cur	Max	Min	Cur	Max
BCD1-658D-72A2	2/1/0/U1	43.0	44.3	44.8	36.20	45.10	45.10
	2/1/0/U2	43.3	44.0	44.5	39.50	45.10	45.10
	2/1/0/U3	43.3	44.3	44.5	36.20	42.10	45.10
	2/1/0/U4	43.3	44.5	44.5	39.50	45.10	45.10
	2/1/0/D3	5.9	7.8	8.0	41.60	43.30	44.60
	2/1/0/D4	6.0	7.9	8.0	40.90	43.30	44.60
	2/1/0/D5	5.9	7.9	8.0	38.20	43.30	44.60
	2/1/0/D6	6.0	8.0	8.1	32.60	43.30	44.60
	2/1/0/D7	6.1	8.0	8.3	37.90	44.60	44.60
	2/1/0/D8	6.0	8.0	8.1	34.40	43.30	44.60
2/1/0/D9	6.1	8.0	8.3	33.20	43.30	44.60	
2/1/0/D10	6.3	8.0	8.3	27.70	44.60	44.60	

Note: 1. The upstream channel power indicates the transmit power of the CM upstream channel.

2. The downstream channel power indicates the receive power of the CM downstream channel.

e. Validación en planta externa del nodo denominado HYHY004

El nodo HYHY004 se instala en la siguiente ubicación de la ciudad de Huancayo, capital del departamento de Junín, entre Jr. San Sebastián y Jr. San Judas Tadeo, cerca al parque de la identidad Huanca. Ver figura 4.55.

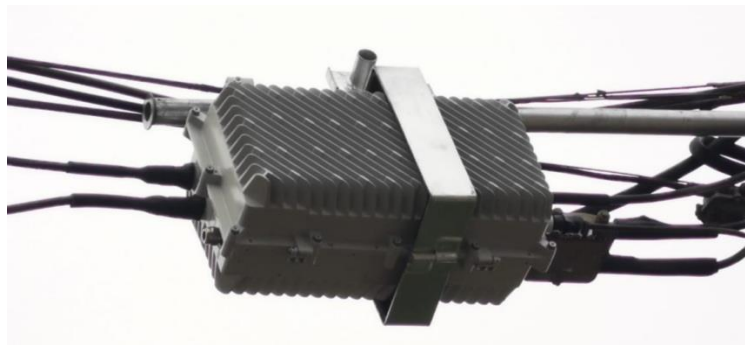


Figura 4.57 Habilitación de los cuatro puertos radiofrecuencia

Fuente: Propia

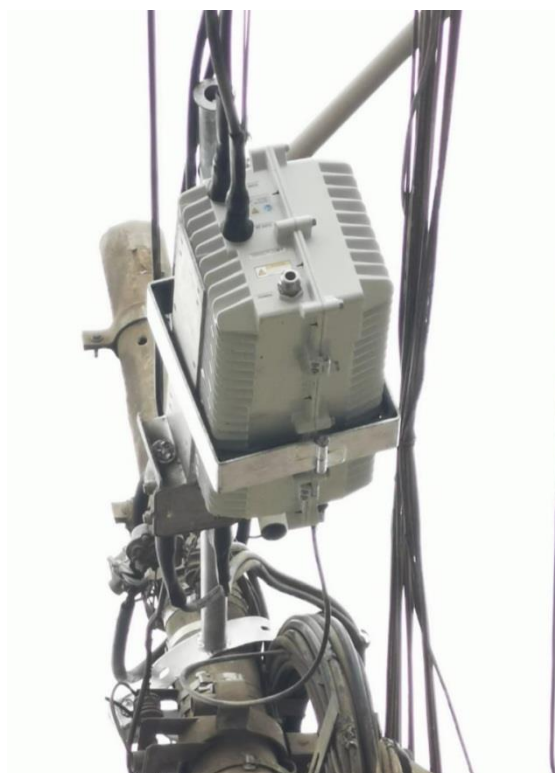


Figura 4.58 Infraestructura del nodo denominado HYHY004

Fuente: Propia

4.4.3 Validación de los servicios empaquetados

La validación de los servicios empaquetados se realiza a través cable modem de prueba mediante interfaz de Línea de comandos (CLI) para el servicio de telefonía, capturas de navegación a internet mediante una laptop con los diferentes paquetes aprovisionados por el operador y capturas de canales de televisión e interactividad de video sobre demanda (VoD).

a. Servicio de Internet

Cable modem se conecta a la laptop por medio del cable ethernet con conector tipo RJ45. Ver figura 4.59.



Figura 4.59 Laptop conectada al terminal cable modem

Fuente: Propia

Se valida el aprovisionamiento del cable modem con una prueba de velocidad de internet de 300Mbps de bajada y 100 Mbps de subida. Ver figura 4.60.

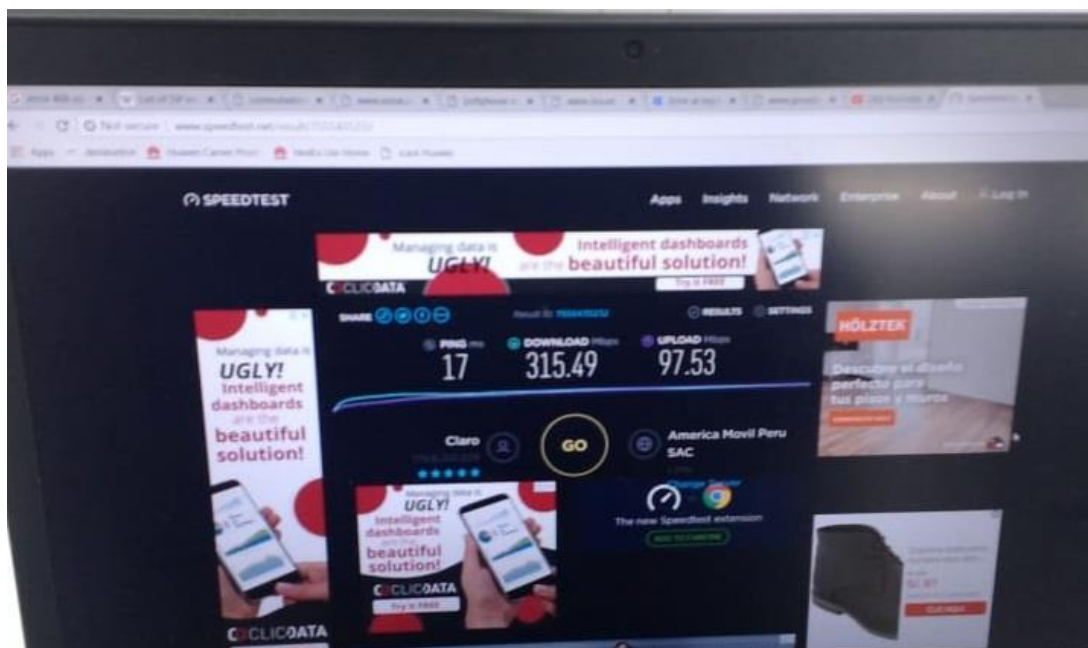


Figura 4.60 Prueba de velocidad con paquete de internet de 300Mbps /97Mbps

Fuente: Propia

Se valida el aprovisionamiento del cable modem con una prueba de velocidad de internet de 100Mbps de bajada y 15 Mbps de subida. Ver figura 4.61.

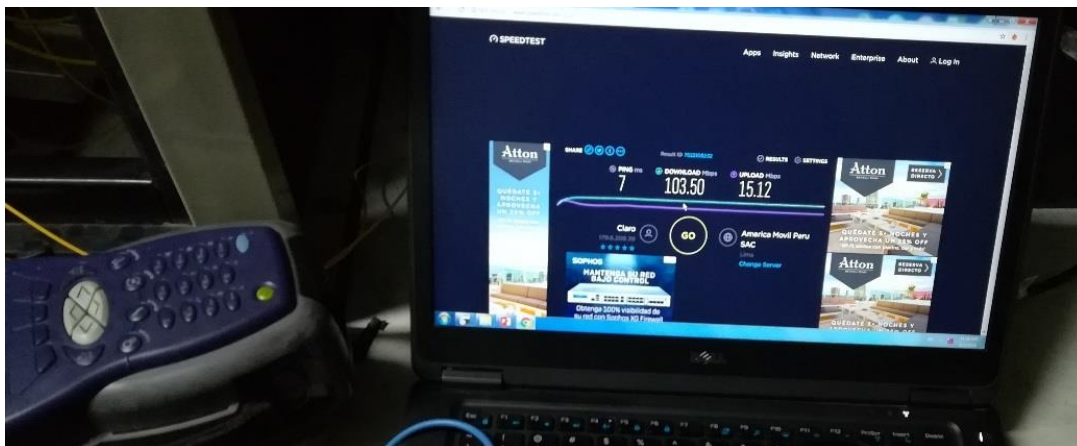


Figura 4.61 Prueba de velocidad con paquete de internet de 100Mbps /15Mbps

Fuente: Propia

b. Servicio de telefonía

Desde el terminal cable modem puerto (TEL) con un cable conector tipo RJ11 se conecta al teléfono fijo o dispositivo Adaptador de terminal multimedia (MTA). Ver figura 4.62.

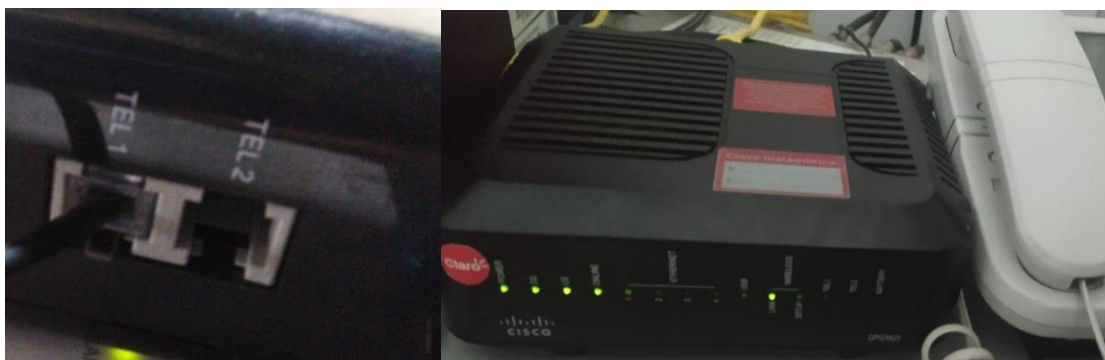


Figura 4.62 Teléfono fijo conectado al cable modem

Se verifica la sesion y flujo de establecimiento de llamada del cable modem con direccionamiento Protocolo internet (IP) Adaptador de terminal multimedia (MTA) **10.31.225.34** hacia el servidor Subsistema Multimedia IP (IMS) **10.95.190.133**.

TABLA N° 4.32 Sesión de llamada del teléfono fijo

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display packetcable gate
{ <cr>|cm<K>|gate-id<U><1,4294967295>|statistics<K>||<K> }:
```

Command:

```
display packetcable gate
The total number of gates : 2
The number of gates in idle state : 0
The number of gates in allocated state : 0
The number of gates in authorized state : 0
The number of gates in reserved state : 0
The number of gates in committed state : 2
The number of gates in committed-recovery state : 0
The number of high priority gates : 0
The number of common priority gates : 2
```

GateID	SubscriberID	GC-Address	State	SFID(US/DS)	F / S / P
0x1c73b130	10.31.225.34	10.95.190.133	COMMIT	2348/67745	2 / 1 / 0

SFID(US/DS) : Service flowID(upstream/downstream)
GC-Address : IP address of the gate controller

```
oltHuancayo02#
```

c. Servicio de televisión y Video sobre demanda (VoD)

Se conecta un divisor coaxial que separa al cable modem de prueba y el dispositivo DVR TV.

El DVR TV se conecta mediante un cable tipo Interfaz multimedia de alta definición (HDMI) al televisor, se visualiza la transmisión de los canales de televisión y la interactividad de video sobre demanda (VoD). Ver figuras 4.63, 4.64 y 4.65.

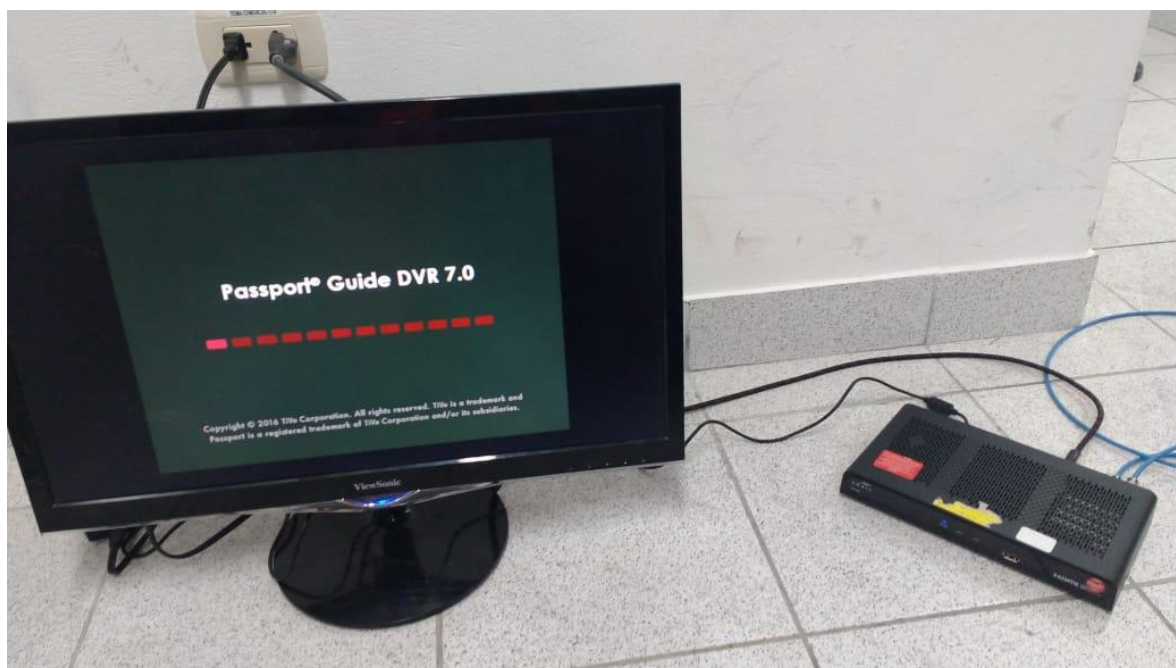


Figura 4.63 Dispositivo terminal DVR conectado al televisor

Fuente: Propia



Figura 4.64 Transmision de canal de televisión

Fuente: Propia



Figura 4.65 Servicio de interactividad de video sobre demanda (VoD)

Fuente: Propia

Por lo tanto, luego de implementar y validar la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP), se valida la mejora de calidad de los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial con mejor ancho de banda y protección a nivel óptico antes fallas o averías.

CAPÍTULO V ANÁLISIS ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE TRABAJO

En este capítulo se estima los costos de capital (CAPEX), costos operacionales (OPEX) y un cronograma detallado de cada trabajo a realizar. Se estima el ingreso bruto anual por con un precio de un servicio empaquetado básico mensual que ofrece la operadora a los usuarios.

5.1 Estimación de costos de la operadora

Se estima costos del equipamiento, comisionamiento, instalación e integración de nuevos dispositivos y componentes tanto en planta interna y planta externa como costos de capital (CAPEX). Se aprecia en la tabla 5.1.

TABLA N° 5.1 Gasto de capital (CAPEX)

Fuente: Propia

Area	Description	Cantidad	Precio Unidad (S/.)	Precio Total (S/.)
	Huancayo			54,989.84
Planta Interna	Nueva HFC, Servicio de Instalación & Comisionamiento	1	2,000.16	2,000.16
	Red de acceso, estudio del sitio con dibujo en el sitio	1		
	Comisionamiento de dispositivo y componentes PON	1		
	Aceptación básica, PON	1		
	Dispositivos HFC,OLT, rWDM, SPLITTER y componentes	1	25,799.92	25,799.92
	Costo de equipamiento expansión,HFC,OLT MA5800, rWDM, SPLI, Proteccion Port GPON	1		
	Servicio de implementación de red de acceso	1	4,187.92	4,187.92
	Access Network, Integración del servicio	1		
	Instalación dispositivos, fibra óptica, escalera de cables o bandeja de cables	48		
Planta Externa	Nodo, Dispositivo ONU, MA5633 DD20	1	18,000.92	18,000.92
	Costo de equipamiento, expansión, HFC, MA5633, receptor-transmisor óptico, licencia DOCSIS 3.0	1		
	Servicio de implementación de red de acceso	1	5,000.92	5,000.92
	Access Network, Integración del servicio	1		
	Instalación de dispositivos, fibra óptica, bandeja de cables	1		

Se estima un costo de capital (CAPEX) de 59,989.85 mil soles.

Se estima costos de mantenimiento de la infraestructura en planta interna y planta externa, soporte especializado por Huawei y operación del servicio como costos de capital (OPEX). Se aprecia en la tabla 5.2.

TABLA N° 5.2 Gasto Operacional (OPEX)

Fuente: Propia

Description	Cantidad	Precio Unidad (S/.)	Precio total
Huancayo			34,000.00
Servicio especializado soporte Huawei en red de acceso fijo por sitio	1	10,000.00	10,000.00
Análisis y resolución de problemas durante un año			
Análisis para reemplazo de hardware por falla (MA5633, MA5800, componentes)			
Mantenimiento semestral en planta interna	2	5,500.00	11,000.00
Medición de potencia óptica en dispositivos y componentes, OLT, rWDM, SPLITTER.			
Limpieza de ventiladores			
Medición de temperatura de los componentes			
Limpieza y reemplazo de fibras			
Revisión de fallas de planta externa	2	6,500.00	13,000.00
Limpieza y reemplazo de fibras			
Equipos de medida y prueba, empalmes			
Comprobación de ruido de radiofrecuencia			
Pruebas en MA5633			

Se estima un costo operacional (OPEX) anual de 34,000.00 mil soles.

5.2 Estimación de ingresos brutos

Se estima el ingreso bruto anual de la operadora Claro por los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) que ofrece a los usuarios, se toma un precio base de 134.0 soles. Ver figura 5.2.

Figura 5.2 Precio base de los servicios empaquetados

Fuente: <https://www.claro.com.pe/personas/hogar/planes/?tab=internetTvTelefonia>

Se tiene una cantidad de 194 usuarios activos en el nodo HYHY004. Se verifica por la Interfaz de línea de comandos (CLI) del Terminal de Línea Óptica (OLT).

TABLA N° 5.3 Cantidad de usuarios en el nodo HYHY004

Fuente: Propia

```
oltHuancayo02#display cable modem summary statistics 2/1/0 desc
{ <cr>||<k> }:
```

Command: display cable modem summary statistics 2/1/0 desc
This operation will take several minutes, Please wait...

F/ S/ P	Total	Online	Offline	Unreg	DHCP	DHCP-C	Wide-band	TFTP	TFTP-C	Description
2/ 1/ 0	194	189	5	5	0	0	193	0	0	HYHY004

Total: 194, online: 189, offline: 5, unreg: 5, DHCP: 0, DHCP-C: 0, wide-band: 193, TFTP: 0

Se estima un ingreso bruto anual a la operadora por los servicios empaquetados:

Ingreso bruto anual = $134 \times 194 \times 12 = 311,952.00$ mil soles.

Ingreso bruto = PxUxT

P: Precio base de los servicios por mes

U: Cantidad de usuarios

T: Tiempo en meses

Comparando el **Ingreso bruto anual** con los costos **CAPEX** y **OPEX**, se verifica un margen bruto a la operadora:

Margen bruto = Ingreso bruto – Costo CAPEX- Costo OPEX

Margen bruto = $311,952.00 - 59,989.85 - 34,000.00 = 217,962.15$ mil soles.

Por lo tanto, se verifica que ofrecer los servicios empaquetados con la solución Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) en la ciudad de Huancayo es rentable.

5.3 Cronograma del Trabajo

El trabajo se realiza en un periodo de 3 meses desde el 02 de abril al 30 de junio del 2018. Se organiza la ejecución del trabajo de acuerdo a la tabla 5.4

TABLA N° 5.4 Organización del trabajo

Fuente Propia

EMPRESA	FUNCION	ACTIVIDAD
CLARO	Jefe Integración de Servicios Fijos	Encargado de trabajo y aceptar la solución.
CLARO	Analista de Integración	Coordinador del desarrollo del trabajo.
CLARO	Supervisor de Planta Interna	Encargar de validar la implementación e integración de la solución en planta interna.
CLARO	Supervisor de Planta Externa	Validar la implementación e integración de la solución en planta externa.
CLARO	Jefe Operaciones y Mantenimiento	Encargado de validar, monitorear y brindar el servicio de manera óptima.
HUAWEI	Gerente de Productos	Encargado de ventas de los dispositivos Huawei.
HUAWEI	Gerente del Servicio	Encargado de trabajo y aceptar la solución.
HUAWEI	Ingeniero Experto	Un ingeniero experto encargado de implementar, integrar, comisionar y validar la solución.
HUAWEI	Técnicos	Dos técnicos de soporte al ingeniero experto.

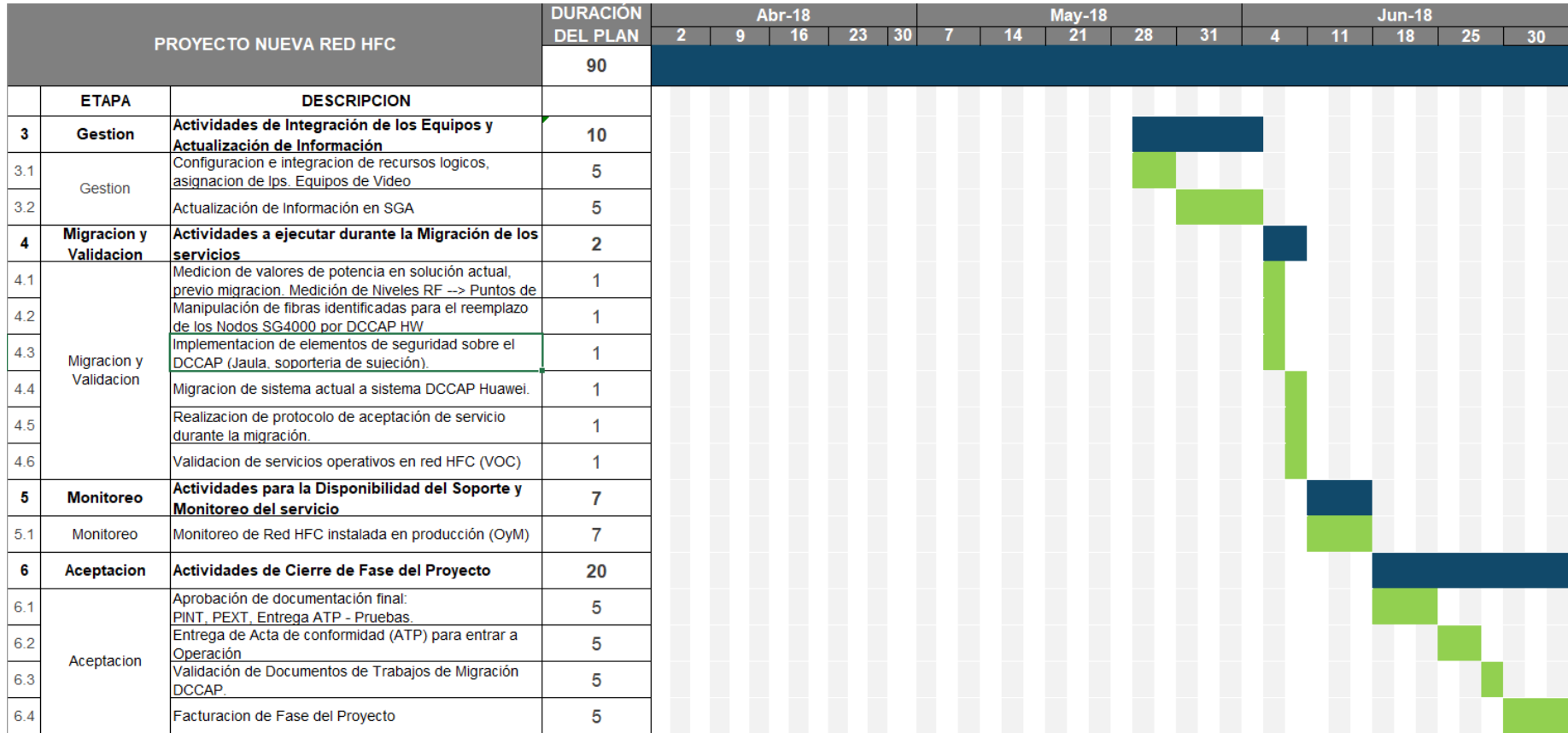
Se muestra el diagrama de Gantt del desarrollo del trabajo desde su planificación hasta su aceptación. Ver tabla 5.5 y 5.6

TABLA N° 5.5 Cronograma del trabajo parte 1
Fuente: Propia

PROYECTO NUEVA RED HFC			DURACIÓN DEL PLAN	Abr-18					May-18					Jun-18						
				2	9	16	23	30	7	14	21	28	31	4	11	18	25	30		
			90																	
ETAPA	DESCRIPCION																			
1	Planificación	Actividades Planificación de Proyecto	21																	
1.1	Planificación	Provisionamiento de Diagrama Planta Externa (Fibra), Visita TSS, inspección y propuesta técnica de ejecución	3																	
1.2		Asignación de Recursos de Infraestructura (espacios, energía, puertos de interconexión)	5																	
1.3		Envío de Diseños por Hub y Bom de materiales	4																	
1.4		Envío de procedimiento para ejecución de trabajos en ventana de mantenimiento (MOP)	3																	
1.5		Provisionamiento de material PEXT	6																	
2	Implementación	Actividades de Ejecución de Tareas	30																	
2.1	Implementación	Aseguramiento de gestión de seguridad laboral en trabajos de riesgo (EHS)	1																	
2.2		Instalación de solución de PINT, OLT, rWDM / Splitter Huawei	5																	
2.3		Implementación en PINT: Tendido de jumpers de fibras.	5																	
2.4		La señal CATV será proporcionado por Claro en la longitud de onda de 1310nm en Tx y 1550 Rx	2																	
2.5		Provisionamiento de fibra para conexión de fibra de planta externa (anillo Claro).	4																	
2.6		Envío de Reporte de Reconciliación de Estado de Fibras de Planta Externa con Planta Interna	4																	
2.7		Revisión de Pruebas de Servicios en Planta Interna OLT + Cableado + Video.	4																	
2.8		Validación de TSS, autorización de ejecución de propuesta técnica por Nodo. Envío de información	3																	
2.9		Reporte de mediciones: *Niveles ópticos de los nodos a migrar.	2																	

TABLA N° 5.6 Cronograma del trabajo parte 2

Fuente: Propia



Duración del Proyecto
 Completado

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se mejora la calidad de los servicios empaquetados con la nueva red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) que asegura: escalabilidad, reducción de dispositivos y protección a nivel óptico mediante la Plataforma de Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP).
2. Disminuye la cantidad de reclamos de los usuarios por la experiencia en los servicios empaquetados (Internet, Telefonía y Televisión) por cable coaxial en la red de acceso fijo Híbrido de Fibra Coaxial (HFC), se genera menores sanciones económicas a la operadora por parte del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL).
3. Por uniformidad tecnológica la solución desarrollada por Huawei Plataforma de Cable Convergente de manera Distribuida (D-CCAP) (compuesta con tecnología Red Óptica Pasiva con capacidad Gigabit (GPON) y tecnología Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0, cumple las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) permite adaptar la red Híbrida de Fibra Coaxial (HFC) a una nueva arquitectura escalable a posibles generaciones tecnológicas como Red Óptica pasiva con capacidad de 10 y 40 Gigabits (10G-GPON), (40G-GPON) y Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.1.
4. La arquitectura distribuida del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800 permite que la labor de la tarjeta electrónica controladora del procesar y conmutar los paquetes de los servicios se distribuya a las tarjetas electrónicas del servicio. Por lo tanto, se ofrece una tecnología más robusta.
5. La tecnología Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) se caracteriza por ser bidireccional, la transmisión ascendente y descendente se realiza sobre una misma fibra óptica, se optimiza los recursos de equipamiento y disminuye la cantidad de dispositivos activos.
6. La tecnología Red Óptica Pasiva de capacidad Gigabit (GPON) permite velocidades de

2.5 Gigabits por segundo (Gbps) de bajada y 1 Gigabit por segundo (Gbps) de subida lo cual aumenta el ancho de banda y mejora las tasas de velocidades del servicio de internet.

7. El malestar de los operadores por las fallas o averías propias de la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) se superan debido a la protección a nivel óptico y su fácil detección de manera remota a través del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800.
8. La capacidad del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800 permite soportar un total aproximado de 30000 usuarios, siendo muy rentable para el operador.

Recomendaciones

1. Si se habilita más terminales cable módems sobre una misma Unidad de Red Óptica (ONU) dispositivo MA5633, se incrementa el tráfico y afecta los servicios. Por lo tanto, se necesita habilitar más canales de radiofrecuencia con Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.0 hasta su máxima capacidad de 32 canales.
2. Si se habilita más terminales cable módems sobre diferentes Unidades de Red Óptica (ONU) dispositivos MA5633, se incrementa el tráfico y afecta los servicios. Por lo tanto, se necesita habilitar más puertos ópticos de capacidad 10 Gbps en el componente electrónico controlador del Terminal Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800.
3. Durante las validaciones del servicio y verificaciones de averías es recomendable realizar una doble confirmación mediante dos maneras, equipos de medición e Interfaz de línea de comandos (CLI) de manera remota a través del Terminal de Línea Óptica (OLT) dispositivo MA5800.
4. Realizar el mantenimiento periódico dos veces al año, revisión de temperatura, medición de voltaje, corrosión y la Unidad de procesamiento central (CPU) del dispositivo MA5800 que daña y afecta el funcionamiento del servicio.
5. Tener las configuraciones lógicas de la base de datos actualizadas a manera de respaldo ante una posible falla de pérdida de configuración del Terminal de Línea Óptica (OLT).
6. Desplegar la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) siguiendo las normas y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T).
7. Con el incremento de demanda de usuarios y las nuevas aplicaciones de alto consulto

de ancho de banda, se recomienda a futuro expandir la red Híbrido de Fibra Coaxial (HFC) a una siguiente generación como Red Óptica pasiva con capacidad de 10 y 40 Gigabits (10G-GPON y 40G-GPON) y Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) versión 3.1.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AC	Corriente alterna
APC	Contacto Físico Angular
ATT	Atenuador
BACK REFLECTION	Perdida de retorno
BUFFER	Amortiguador
BRANCH FRONT END	Extremos Frontal de Ramificación
BREAKER	Interruptor
BROADCAST	Transmisión a todos los receptores
BW	Ancho de Banda
CATV	Televisión por cable
CLADDING	Revestimiento
COAXIAL DISTRIBUTION NETWORK	Red de Distribución Coaxial
COM	Puerto desde dispositivo WDMr
CONTROL BOARD	Componente controlador
CORE	Núcleo
CM	Dispositivo terminal cable modem
CMTS	Sistemas de Terminación de Cable Módem
DC	Corriente continua
Delta I	Errores entre punto de datos de recepción
Delta Q	Errores entre punto de datos de recepción
DIPLEXER	Duplexor
DOWSTREAM	Transmisión descendente
dB	Decibel
dBmV	Decibelios en milivoltios
dBuV	Decibelios en microvoltios
E/O	Eléctrica/Óptica
ETH	Ethernet
EQ	Ecualizador
EXTEND MODULE	Módulo Extendido
FC	Conector Férula
FLAT	Plana
FRAME ID	Identificador estructura del nodo
GATEWAY	Puerta de enlace
Gbps	Gigabits por segundo

GENERAL FRONT END	Extremo Frontal General
GND	Tierra
HDMI	Interfaz multimedia de alta definición
HOME NETWORK	Red Doméstica
HUAWEI	Proveedor tecnológico de telecomunicaciones
HUB	Concentrador de dispositivos
H901MPLA	Componente electrónico controlador
H901PILA	Componente electrónico de energía
H901GPHF	Componente electrónico de servicio
HYHY004	Nombre del nodo óptico
ID	Identificador
IN	Entrada
I, Q	Puntos de datos en una imagen de fase
LC	Conector Pequeño
LPF	Filtro Pasa Bajo
MA5800	Dispositivo OLT modelo HUAWEI
MA5633	Dispositivo ONU modelo HUAWEI
N	Número de puntos de datos capturados
NODO	Ubicación de la Unidad de Red Óptica
O/E	Óptica/Eléctrica
oltHuancayo02	Nombre del dispositivo MA5800
ONT ID	Identificador del dispositivo MA5633
OPTICAL	Óptico
OPTICAL NODE	Nodo Óptico
OPTICAL RECEIVER	Módulo receptor óptico Rx
OPTICAL TRANSMITTER	Módulo transmisor óptico Tx
OUT	Salida
PC	Contacto Físico
P2MP	Punto a Multipunto
PLANTA INTERNA	Distribución de equipamiento en el interior
PLANTA EXTERNA	Distribución de equipamiento en el exterior
POWER	Energía
QAM	Modulación de Amplitud en Cuadratura
QoS	Calidad de servicios
RECEIVE	Recibir
RECEPTOR	Rx

RF	Radiofrecuencia
RFI	Interfaz radiofrecuencia
RF OUT	Puerto de salida de señales radiofrecuencia
RJ45	Tipo de conector de cable ethernet
RJ11	Tipo de conector de cable ethernet
SC	Conector de Suscriptor
SERVICIOS EMPAQUETADOS	Servicios de Internet, Telefonía y Televisión
SG0	Grupo de servicio 0
SG1	Grupo de servicio 1
SG_1	Modo de trabajo del Módulo Extendido
SLOT	Ranura
SNR	Relación Señal/Ruido
SPLITTER	Divisor
TAP	Derivador
TIME SLOTS	Ranuras de tiempo
T-CONT	Contenedor de datos
TEL	Puerto del cable modem
TRANSMISOR	Tx
UPSTREAM	Transmisión ascendente
UPC	Ultra Contacto Físico
VoIP	Voz sobre Protocolo Internet
VoD	Video sobre Demanda
WDM	Multiplexación por División de longitud de onda
WDMr	Dispositivo pasivo multiplexor modelo Huawei
xDSL	Línea de abonado digital x

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

BGP	Protocolo de Puerta de Enlace de Frontera
BER	Tasa de error bit
CAPEX	Gastos en Capital
C-CCAP	Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Centralizada
CLI	Interfaz de Línea de Comandos
CMC	Convertor de Medio Coaxial
D-CCAP	Plataforma de Acceso por Cable Convergente de manera Distribuida
DOCSISv3.0	Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable versión 3.0
DHCP	Protocolo de Configuración Dinámica de Host
DNS	Sistemas de Nombres de Dominio
GEM	Método de Encapsulación GPON
GPON	Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit
GTC	Convergencia de Transmisión GPON
HFC	Híbrido de Fibra Coaxial
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IF GPON	Interfaz Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit
IMS	Subsistema Multimedia IP
IP	Protocolo de Internet
ITU-T G.652	Unión Internacional de Telecomunicaciones serie G.652
ITU-T G.984.1	Unión Internacional de Telecomunicaciones serie G.984.1
ITU-T G.984.3	Unión Internacional de Telecomunicaciones serie G.984.3
ITU-T G.983.3	Unión Internacional de Telecomunicaciones serie G.983.3
ITU-T J.222.2	Unión Internacional de Telecomunicaciones serie J.222.2
LAN	Red de Área Local
MAC	Control de Acceso al Medio
MER	Tasa de error de modulación
MTA	Adaptador de Terminal Multimedia
ODN	Red de Distribución Óptica
ODF	Distribuidor de Fibra Óptica
OLT	Terminal de Línea Óptica
ONU	Unidad de Red Óptica
OPEX	Gastos Operacionales
OSIPTEL	Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones
PMD	Dependiente del Medio Físico

PON	Red Óptica Pasiva
SNI	Interfaz de Nodos de Servicios
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo
UNI	Interfaz de Red del Usuario
WAN	Red de Área Amplia

ANEXO B
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS

MA5800-X7 Service Subrack Description

This topic describes the appearance, dimensions, weight, slot configuration, and fan tray of an MA5800-X7 service subrack.

5.1 Appearance and Structure

The MA5800-X7 service subrack has a fan tray on the right side. The subrack can be installed in the cabinet using the ETSI or IEC mounting brackets.

5.2 Physical Specifications

This topic provides the dimensions, weight, power supply specifications, and power consumption of the MA5800-X7 service subrack.

5.3 Slot Configuration

An MA5800-X7 service subrack provides 12 slots, 2 for control boards, 2 for power boards, 1 for the universal interface board, and 7 for service boards.

5.4 Fan Tray

The fan tray of the MA5800-X7 service subrack has 6 fans and a fan monitoring board FMMA and supports heat dissipation, monitoring, and fan speed adjustment to ensure that the device works at a proper temperature.

5.5 Heat Dissipation

This topic describes the ventilation of the MA5800-X7 service subrack.

5.1 Appearance and Structure

The MA5800-X7 service subrack has a fan tray on the right side. The subrack can be installed in the cabinet using the ETSI or IEC mounting brackets.



ESD Jack

The ESD jack of the MA5800-X7 service subrack is on the bottom of the fan tray and is used to connect the ESD wrist strap to prevent device damage caused by electrostatic discharge.

5.2 Physical Specifications

This topic provides the dimensions, weight, power supply specifications, and power consumption of the MA5800-X7 service subrack.

Dimensions and Weight

Table 5-1 Dimensions and weight of the MA5800-X7

Specification	Value
Dimensions (H x W x D, excluding mounting ears)	263.9 mm x 442.0 mm x 268.7 mm
Dimensions (H x W x D, including mounting ears of IEC standard)	263.9 mm x 482.6 mm x 268.7 mm
Dimensions (H x W x D, including mounting ears of ETSI standard)	263.9 mm x 535.0 mm x 268.7 mm
Weight (fully configured, including mounting ears)	26 kg

Power Supply

Table 5-2 Power supply parameters of the MA5800-X7

Specification	Value
Power supply mode	DC (dual sources for backup)
Rated voltage	-48 V / -60 V
Working voltage range	-38.4 V to -72 V
Maximum input current	40 A

Power Consumption

Table 5-3 Power consumption of the MA5800-X7 service subrack (Unit: W)

Typical Configuration	Static Power Consumption	Maximum Power Consumption	Typical Power Consumption	Board Configuration
GPON	301	759	530	H902MPLB*2+H902PILA*2+H901FMM A+H902GPHF*7

NOTE

The power consumption of a service subrack is calculated based on the following conditions:

- Operating voltage: -53.5 V DC.
- Ambient temperature: 25°C.
- Static power consumption: All ports are idle, and no optical module is inserted to any optical port.
- Maximum power consumption: All ports are running at full capacity.

5.3 Slot Configuration

An MA5800-X7 service subrack provides 12 slots, 2 for control boards, 2 for power boards, 1 for the universal interface board, and 7 for service boards.

Figure 5-1 Configuration of boards in the MA5800-X7

0	Universal interface board	1	Power board	2	Power board	Fan tray
1	Service board					
2	Service board					
3	Service board					
4	Service board					
5	Service board					
6	Service board					
7	Service board					
8	Control board					
9	Control board					

5.4 Fan Tray

The fan tray of the MA5800-X7 service subrack has 6 fans and a fan monitoring board FMMA and supports heat dissipation, monitoring, and fan speed adjustment to ensure that the device works at a proper temperature.



Specification

Item	Specification
Dimensions (H x W x D)	43.6 mm x 257.5 mm x 260.4 mm
Weight	2.00 kg (Fan tray)
Power consumption	<ul style="list-style-type: none">● Static: 14 W● Maximum: 189 W

5.5 Heat Dissipation

This topic describes the ventilation of the MA5800-X7 service subrack. The MA5800-X7 service subrack has a fan tray on the right side to exhaust hot air. Air flows from left to right, as shown in [Figure 5-2](#).

Figure 5-2 Ventilation of the MA5800-X7 service subrack



BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEEE, "Performance monitoring challenges in HFC networks", Simaković N. Milan; Et. Al., 2017, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8246305>
- [2] ITU, Recomendación G.984.1 (03/08) "Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales" <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-l/es>
- [3] ITU, Recomendación G.983.3 (03/01), "Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante la asignación de longitudes de onda" <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.3-200103-l/es>
- [4] ITU, Recomendación G.984.3 (01/14), "Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión" <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3-201401-l/es>
- [5] OSIPTEL, "Conexiones de acceso a Internet fijo por tecnología de cable modem" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/174>
- [6] OSIPTEL, "Indicadores de conexiones de acceso a internet en el departamento Junín" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/178>
- [7] OSIPTEL, "Indicadores de líneas de acceso telefónico fijo en el departamento Junín" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/130>
- [8] OSIPTEL, "Indicadores del servicio de televisión por cable coaxial" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/189>
- [9] OSIPTEL, "Indicadores del servicio de televisión en el departamento Junín" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/190>
- [10] Huawei, "Comparación entre Red CTMS tradicional y D-CCAP", <https://support.huawei.com/hedex/hdx.do?docid=DOC1000161905&path=PBI1-7275726/PBI1-7275742/PBI1-22892601/PBI1-21782255/PBI1-8200693>
- [11] OSIPTEL, "Indicadores de reclamos de usuarios por servicio Primera Instancia (Diversas empresas-Resolución N°096-2015-CD/OSIPTEL)" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/229>
- [12] OSIPTEL, "Indicadores de reclamos de usuarios por departamento Primera Instancia (Diversas empresas-Resolución N°096-2015-CD/OSIPTEL)" <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/231>