Diseño para do dotar servicios de Telecomunicaciones con la Tecnología FTTH para la urbanización Blue Bay

Cristian Serrano[a]

[a] Escuela de Ingenieria, Pontificia Universidad Catolita del Ecuador, Av. 12 de Octubre 1076 Quito - Ecuador
cserrano474@puce.edu.ec

Resumen. El trabajo propone un diseño GPON para la urbanización Blue Bay, mediante el medio guiado fibra óptica, lo cual permite brindar servicios, aplicaciones de valor agregado sobre una misma infraestructura de red, con alto niveles de confiabilidad y conformidad en base a las demandas requeridas por los crecientes anchos de banda de las tecnologías en innovación. Además, se analiza los requerimientos técnicos y criterios que se deben tener en cuenta para dimensionar una red triple play en casas y edificios habitacionales; optimizando recursos económicos y técnicos para garantizar autenticación, integridad y confidencialidad de la comunicación.

Palabras Clave: FTTH, encapsulación, splitters, ODN

1 Introducción

El Internet es un conjunto de router y servidores privados interconectados con fibra óptica que hoy en día está cambiando la manera de hacer negocios. Los grandes proveedores están gastando miles de millones por cambiar el OC 48 por el OC 192; y hoy en día, ya se está culminando el OC768 que será más grande, más rápido y más caro [1]. Por lo tanto, se debe modernizar la infraestructura local de acceso de los hogares al internet. En la actualidad, la tendencia de los proveedores de servicio local hace que gasten millones de dólares para instalar fibra en los hogares y otras redes; lo que conlleva que muy pronto, se ofrecerán acceso a internet a una velocidad de 100 Mbps; que es 50 veces más rápido de la que existe en la actualidad con proyecciones de servicios de hasta 1Gbps.

2 Proyección de Demanda

Para analizar los requerimientos técnicos y estimar el tráfico que cursara por la red, es importante conocer el tamaño del tráfico de los servicios a transitar por la red ODN ya que permitirá dimensionar la red, distribuyendo el tráfico de la manera más óptima.

En la siguiente tabla se detalla la demanda proyectada de los servicios de voz, datos y video a brindar en la urbanización Blue Bay.

Tabla 1. Demanda de servicios anuales

Abonados por año																
	año 1		año 2		año 3		año 4		año 5		año 6		año 7	año 8	año 9	año 10
voz	70%	240	10%	274	5%	292	5%	309	5%	326	5%	343	343	343	343	343
inter	40%	137	20%	206	20%	274	0%	274	0%	274	0%	274	274	274	274	274
tvIP	0%	0	40%	137	20%	206	20%	274	0%	274	0%	274	274	274	274	274

La urbanización Blue Bay es un conjunto con número de casas y edificios establecidos que ascienden a 343 conjuntos habitacionales; se estima que a partir del año uno se tendrá un número de 240 abonados para voz, 137 abonados para datos y 0 abonados en IPTV hasta que exista el despliegue con una mayor expansión de redes GPON que soporten el servicio. En el segundo año cuando despliegue IPTV se estima que se tendrá un número de 274 abonados para voz, 206 abonados para datos y 137 abonados para IPTV.

3 Dimensionamiento de la Red

3.1 Voz

En las implementaciones de los paquetes de VoIP están precedidos de un encabezamiento por cada nivel que se detalla en la siguiente figura. Como se apreciar, la muestra de voz es encapsulada en un paquetes RTP que; a su vez, es encapsulado en un segmento UDP. Este segmento se agrega una nueva cabecera para ser encapsulado en paquete IP que por último se monta en una trama Ethernet; para poder ser enviado por la red LAN por los diferentes router que contenga la red LAN hacia la WAN lo que genera sobrecarga a la ventana de voz original.

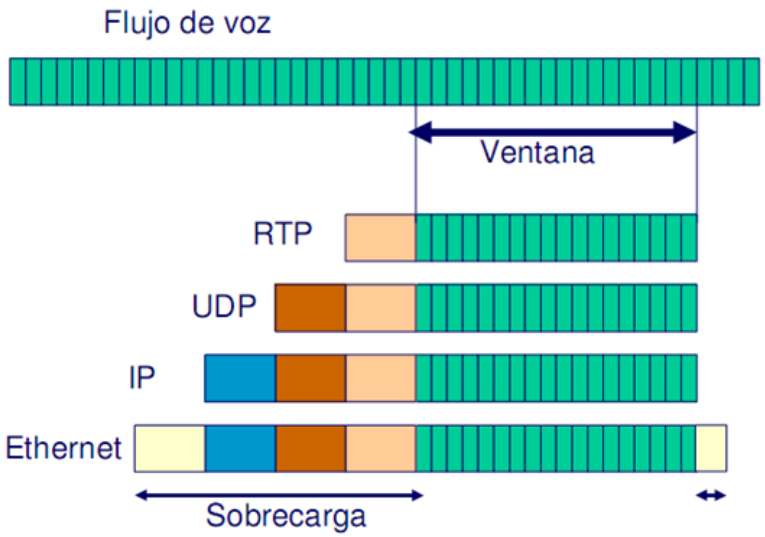


Figura 1. Fases de encapsulamiento del flujo de voz en ventanas [2].

El ancho de banda de la voz paquetizada depende del tamaño de la ventana seleccionada. Típicamente estas ventanas son de 10 ms, 20 ms y 30 ms dependiendo de las características del códec en base a la complejidad, tasa de bits, y calidad del audio codificado que introducen un mayor retardo. Las cabeceras por cada nivel en VoIP son de un tamaño constante que incrementan un ancho de banda mayor al códec original, que es bosquejado en la siguiente figura.

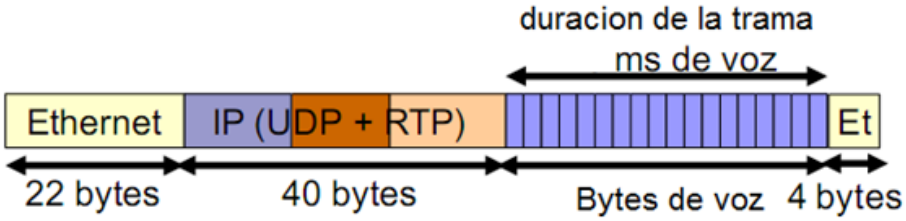


Figura 2. Ancho de banda en base al códec utilizado

Para el cálculo de ancho de banda se debe considerar las cabeceras de los distintos niveles por lo que:

- La cabecera de protocolo IP contiene la cabecera de UDP y la cabecera de RTP y es igual a 40 Bytes.
- La cabecera de Ethernet tiene 22 bytes de control de errores y 4 bytes de redundancia que es igual a 26 bytes.

Para una ventana determinada y una velocidad de muestreo del códec escogido se obtiene byte de voz a transmitir sobre el paquete RTP. Por lo cual: (Joskowicz, 2013)
Para obtener los bytes de la trama a nivel del paquete IP se tiene:

$$Bytes\ de\ paquete\ IP = \left(\frac{Bytes\ de\ voz}{trama}\right) bytes + 40\ bytes \quad \textbf{(1)}$$

Además para obtener los bytes de la trama de Ethernet se tiene:

$$Bytes\ de\ trama\ Ethernet = (Bytes\ de\ paquete\ IP) bytes + 26\ bytes \quad \textbf{(2)}$$

Por lo cual el ancho de banda es:

$$\text{Ancho de banda} = \frac{86\ \text{Bytes} * \frac{8\ bit}{1\ bytes}}{20ms} = 34.4\ Kbps \quad \textbf{(3)}$$

La siguiente tabla resume el ancho de banda de algunos codec con tamaño de ventanas de 10, 20 y 30 ms, que varía notablemente dependiendo del códec y la ventana seleccionada.

Tabla 2. Ancho de banda bidireccional de VoIP.

Códec	Duración de trama (ms)	Bytes de voz/trama	Bytes de paquetes IP	Bytes de trama Ethernet	Ancho de banda unidirecc. Kbps	Ancho de banda bidirecc. Kbps
G.711 (64 kbps)	10	80	120	146	116.8	233.6
	20	160	200	226	90.4	180.8
	30	240	280	306	81.6	163.2
G. 729 (8 Kbps)	10	10	50	76	60.8	121.6
	20	20	60	86	34.4	68.8
	30	30	70	96	25.6	51.2
G. 723.1 (6.3 Kbps)	30	24	64	90	23.9	47.8
G. 723.1 (5.3 Kbps)	30	20	60	86	22.9	45.8

3.2 Video

Es una aplicación de difusión unidireccional (broadcast) que tiene impacto en eventos de tiempo real y es afectada al incluir al sistema la incorporación de nuevos usuarios cuya calidad juega un rol fundamental. El ancho de banda depende del tipo de codificación utilizada (MPG-1, 2, 4 H264), del tamaño de la pantalla (SD, CIF, QCIF, HD) y del tipo de cuantificación seleccionado y del movimiento y textura de la imagen.

De igual manera los protocolos IP/UDP /RTP tienen 40 bytes y Ethernet 26 bytes considerando la redundancia. En MPG 2 la carga útil está conformada hasta siete Multiplexaciones de Transport Stream (MTS) con 4 bytes de etiquetado y 184 bytes de contenido como lo representa la siguiente figura:

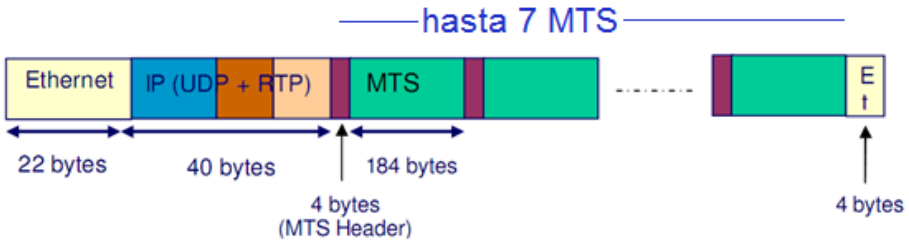


Figura 3. Encapsulado códec MPG-2

Como el tamaño de MTS es estadístico se harán cálculo cuando existan figuras con resolución de alta definición. Por lo tanto [3]:

$$Bytes\ de\ contenido = 184\ bytes\ x\ 7 = 1288\ Bytes \quad \textbf{(4)}$$

$$Bytes\ de\ cabezera\ MTS = 4\ x\ 7 = 28\ Bytes \quad \textbf{(5)}$$

El paquete IP (UDP+ RTP) agrega 40 bytes adicionales

$$Bytes\ de\ paquete\ IP = 28bytes + 40\ bytes = 68\ Bytes \quad \textbf{(6)}$$

De la misma manera para obtener la trama Ethernet agrega en la cabecera 26 bytes, donde:

$$Bytes\ trama\ Ethernet = 68 + 26 = 94\ Bytes \quad \textbf{(7)}$$

De donde el ancho de banda total es:

$$Ancho\ de\ banda = Bytes\ de\ trama\ Ethernet + Bytes\ de\ contenido \quad \textbf{(8)}$$

$$Ancho\ de\ banda = 94Bytes + 1288\ Bytes = 1382\ Bytes = 4.42\ Mbps \quad \textbf{(9)}$$

Como premisa de caso de estudio cada abonado requerirá mínimo dos decodificadores HD los cuales son distribuidos uno en la sala y otro en el dormitorio por lo que el ancho de banda requerido por cada abonado referencial para IPTV es 8.84 Mbps.

3.3 Internet

En la actualidad, las familias cuentan con dispositivos electrónicos para facilitar la comunicaciones, entretenimiento y labores diarios; por lo cual, una familia de clase media alta cuenta con mínimo dos dispositivos Smartphone, aplicaciones de video bajo demanda tal como netflix, una computadora de mesa cuyo uso es realizar video en la paginas de youtube. Los dispositivos cuentan con la característica de poder ajustar la resolución de las imágenes en base al ancho de banda disponible por lo que la siguiente tabla detalla la cantidad de ancho de banda necesario para obtener servicios en línea y con resolución de calidad.[4]

Tabla 3. Ancho de banda para datos [5]

	Cantidad	Transmisión (Mbps)	Recepción (Mbps)
dispositivos Smartphone video en Youtube	2	3	2
Netflix	1		5
Computador de mesa	1		4.5
Total		3	11.5

Se estima el ancho de banda necesario para poder obtener la velocidad de transmisión por abonado que requiera los servicios de voz, datos y video, donde:

$$AB_{Total\,bajada} = AB_{Internet} + AB_{VoIP} + AB_{IPTV} \quad \textbf{(20)}$$

$$AB_{Total\,bajada} = 20{,}40\ [Mbps] \quad \textbf{(31)}$$

$$AB_{Total\,subida} = AB_{Internet} + AB_{VoIP} + AB_{IPTV} \quad \textbf{(42)}$$

$$AB_{Total\,subida} = 3.0688\ Mbps \approx 3\ Mbps \quad \textbf{(53)}$$

4 Arquitectura de Red GPON

Una red óptica pasiva (Red óptica pasiva PON) tiene las ventajas de eliminar todos los componentes activos existentes en la red ODN entre el servidor y el cliente. La red ODN es la infraestructura que permite realizar la transmisión entre la OLT y la ONT a través del divisor óptico (conocido como splitters); cuya función es guiar el tráfico por la red ODN que dependen de si el canal óptico (fibra). EN la red ODN tiene una ventaja que deja trabajar de manera bidireccional; lo que permite reducir los costes en el funcionamiento de la red.

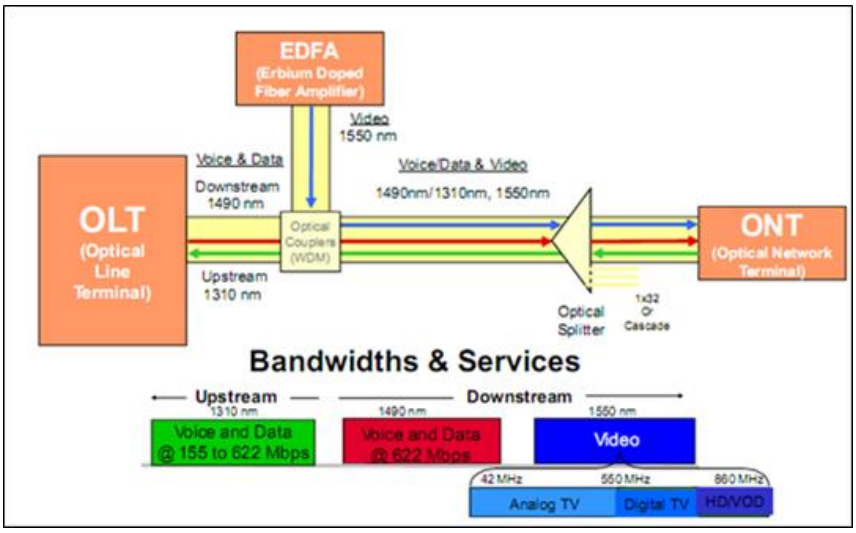


Figura 4. Arquitectura de red GPON

En la figura 4 se detalla de manera gráfica el funcionamiento del envió de datos de los diferentes elementos de la red GPON. Los datos de subida (upstream) desde la ONT hacia la OLT, la funcionalidad del trafico multiplezado es distribuido. Se utiliza TDMA (Time Division Multiple Access) con la finalidad de que cada ONT envié información en diferentes instantes de tiempo, los cuales son gestionados por la OLT. Mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, debido a que el ancho de banda asignado a cada usuario es menor con relación en el sentido descendente para que no exista colisión entre paquetes porque administrados desde una única fuente (OLT). En la figura 5 se detalla el funcionamiento del proceso del enlace ascendente. La ONT envía datos a la OLT usando solo una ranura de tiempo previamente alojada por la OLT. Este mecanismo asegura que todas las ONT envíen datos en una secuencia permitida tal como se representa en el siguiente gráfico.

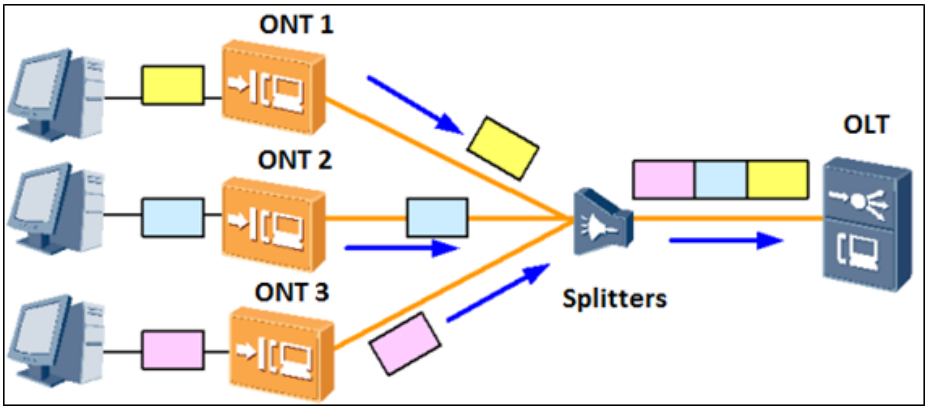


Figura 5. Principios de funcionamiento de transmisión GPON subida

Para el tráfico de (downstream) la red es punto – multipunto (broadcasts) desde la OLT que exporta tramas en serie, se divide por los divisores ópticos y la ONT se encarga de recibir los datos destinados a él y descarta el resto de datos. La funcionalidad del trafico multiplexado es centralizado que se representa en la siguiente figura.

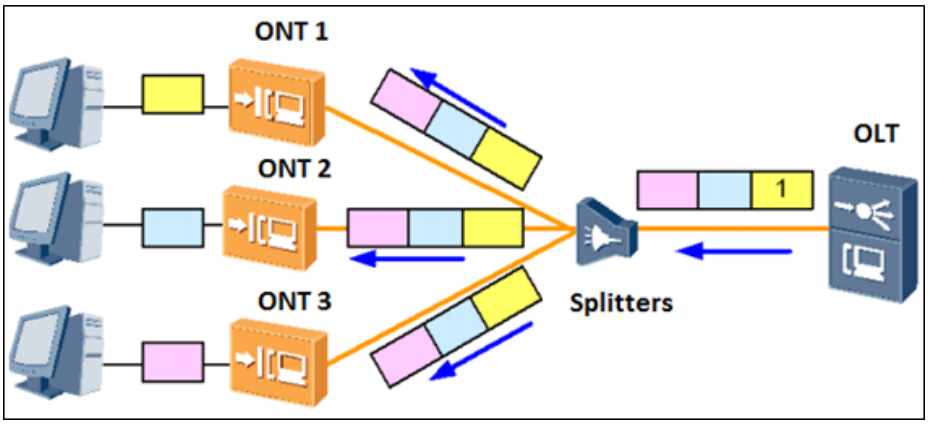


Figura 6. Principios de funcionamiento de transmisión GPON bajada

GPON usa fibra ópticas independientes para conectar los puertos de la OLT, los splitters y las ONT. Para que no exista interferencia se utilizan diferentes longitudes de ondas superpuestas a 1310 nm en la dirección de subida y 1490 nm en la dirección de bajada. GON usa técnicas DWM (Wavelength Division Multiplexing) que se puede observar en la figura 8 que son utilizadas para enviar y recibir la transmisión de información de voz, datos y video en una red ODN.

La señal de video es convertida en señales ópticas cuya longitud de onda es 1550 nm desde un proveedor de video que gracias a la ventajas de las técnicas DWM son multiplexadas dentro de un puerto PON y transmitidas hacia las ONT para visualizar la programación deseada. Las ONT son los encargados de restaurar desde la señal óptica de 1550nm en señal de radio frecuencia de video y transmitir la señal RF que alimenta al set to box que se encuentra conectado mediante cables de audio y video al televisor para estándar y cable HDMI para alta definición.

En la siguiente figura se detalla los diferentes servicios a nivel de capa física para que exista comunicación entre la OLT y la ONT las mismas que serán detalladas a continuación:

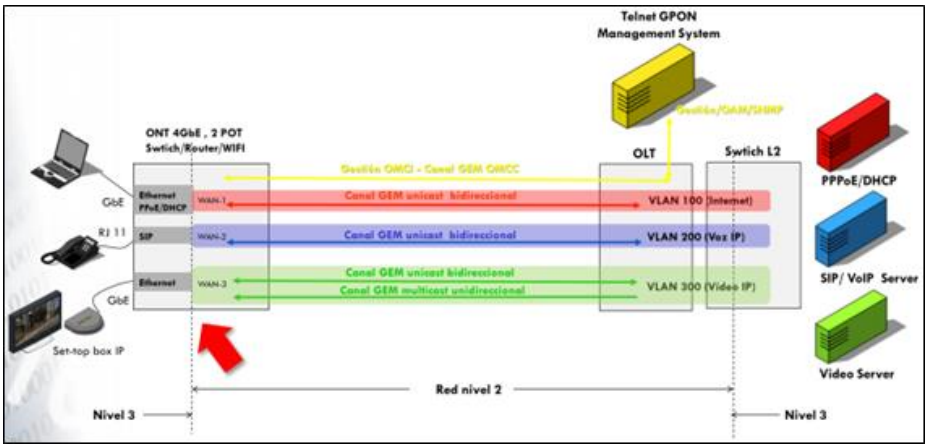


Figura 7. Diferenciación de servicios mediante tramas GEM

El método de encapsulación GPON (GEM) está orientada a la conexión y el mecanismo de entramado es de longitud variable para transportar servicios de datos sobre la ODN y es independiente del tipo de servicio a brindarse desde la OLT o de las interfaces que tenga la OLT.

Se establece diferenciación de vlan según el puerto Ethernet que maneje la ONT con señal (voz, internet o video) encapsulando la los datos mediante la creación de una wan mediante una vlan predeterminada. En cada ONT se configura un grupo bridge Ethernet para datos por la WAN 1 que ha manera de ejemplo que se detalla en la figura superior, es configurada por la VLAN 100; un grupo Bridge SIP para voz por la WAN 2 y es montada por la VLAN 200 (Voz sobre IP) y por último, de acuerdo a la diferenciación de servicio se ofrece una conexión Ethernet o multicast por el canal GEM por la WAN 3 que es configurada por la VLAN 300 (Video sobre IP).

5 Diseño del plano de distribución en urbanizaciones (casas residenciales)

A las NAPs se la tiene que ubicar de manera estratégica que permita cubrir la demanda comercial, disminuyendo el cable de acometida en lo mínimo posible en el plano de Dispersión. Luego se procede a verificar desde la NAPs más lejana a la manga porta splitters, las rutas en donde se abarquen el mayor número de NAPs en el camino para interconectar a la MT. La capacidad de las fibras de distribución esta determinadas en función del número de NAPs que se interconecta con una polilínea de color azul con la capa fibra óptica tipo G.652D que se detalla en el anexo 3. En el diseño se proyecta tres fibras de distribución cuando sea necesario:

- La primera fibra de distribución con nombre FD01 es para la distribución de los 4 edificios de los 10 y 11 pisos consecutivamente;
- La segunda fibra de distribución FD02 está destinada para casas unifamiliares y los edificios de 4 pisos con 24 habitaciones:

- Por último la fibra de distribución FD03 contempla el resto de casas unifamiliares.

En la siguiente grafica se bosqueja un diagrama esquemático del modelo empleado para la distribución de las casas unifamiliares que están basados en un diseño de doble splitters con la primera derivación de 1/4 y la segunda de 1/8 que representa una atenuación de 32 veces la división de la señal por hilo de fibra óptica. La fibra de distribución 1 sustenta independientemente a los edificios a brindar el servicio a ofertar cuya función es utilizar un FDB con 3 splitters de 8 salidas en cada torre que es detalla en el siguiente apartado en base al número de abonados con los que cuenta cada edificio.[6]

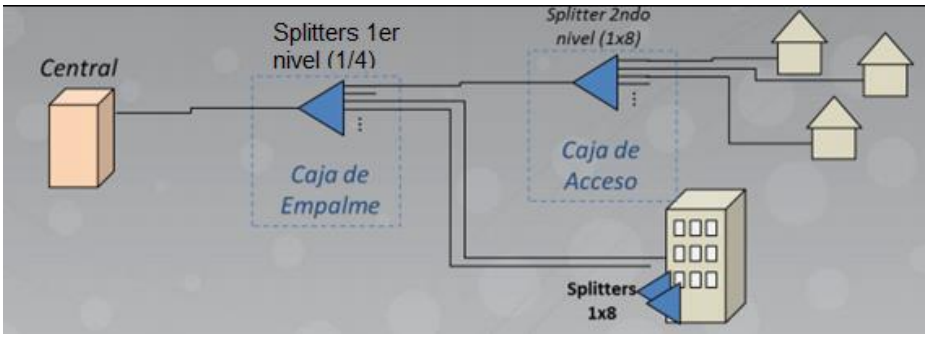


Figura 8. Modelo a doble splitters para casas unifamiliares y edificios

La fibra distribución FD02 cuenta con 14 NAPs que se encuentras distribuidos uniformemente abarcando cada red de dispersión. Cada NAPs cuenta con un splitters con una derivación 1/8 que permite brindar los servicios de telecomunicaciones hasta un máximo de 8 abonados por NAPs que se presenta en el plano de distribución del anexo 3. En la parte final de cada fibra de distribución se detalla mediante una etiqueta el número total de hilos a ocupar como se visualiza en la siguiente figura:

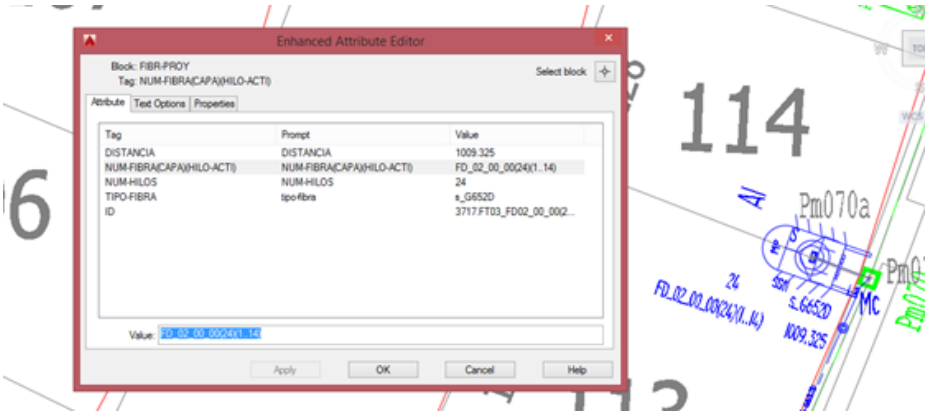


Figura 9. Etiqueta de la fibra de distribución 1

En los siguientes campos se describe:

- Distancia del recorrido de la fibra, añadiendo metros para fusiones en punta como sangrado y reserva de fibras.
- Numero de fibra de distribución detallando número de hilos utilizados.
- Capacidad de la fibra proyectada.
- Tipo de fibra óptica. El termino s significa soterrada.
- Identificador de la fibra donde se detalla código de central, número de la fibra troncal número de fibra de distribución.

Para alimentar a los edificios de 4 pisos se sangra de la fibra FD02 mediante una manga de fusión de 24 hilos. En la manga de fusión se procede a distribuir los respectivos hilos destinados a alimentar a los edificios y las casas unifamiliares tal como se representa en el atributo de la manga de fusión MD04.



Figura 10. Atributo de la manga de fusión MD04.

En los siguientes campos se detalla:

- Clase de manga de fusión seguida de los hilos sangrados y la capacidad de la fibra a sangrar.
- Identificador de la fibra donde se detalla código de central, número de la fibra de distribución, número de la manga troncal que corresponde a la red feeder y el número de la manga de distribución.
- Las dos siguientes líneas describe que en la manga MD04 ingresa 14 hilos activos en una fibra de 24 hilos y que 4 hilos activos siguen sin ser sangrados para alimentar NAPs en casas unifamiliares.
- El resto de hilos describe que hay tres derivaciones de la manga de derivación.

Los dos edificios que cuentan con una edificación de cuatro plantas con 24 habitaciones independientemente. Cada edificación tiene tres torres, en donde cada torre tiene acceso para tendido de datos de manera independiente (traga luz) que en presente diseño es fibra con recomencion G.652. En base al replanteo en sitio, se verifica que existe de manera independiente en cada torre, cajas de distribución principal con regletas de 10 pares de cobre tal como detalla las siguientes imágenes.

Lo que conlleva que cada torre tiene acceso a 8 departamentos. En base a la capacidad que tiene cada torre se diseña con segundo nivel de splitters con cajas adosadas de 8 puertos mediante la derivación FD02_02 y la proyección de 3 cajas adosadas para cada torre en cada edificio. Anexo 3.



Figura 11. CDP de cobre de los edificios 5 y 6

6 Diseño del plano de la red de distribución en urbanizaciones (edificio)

La urbanización Blue Bay cuenta con 4 edificios; dos edificios de diez pisos con 39 y 50 habitaciones independientemente y los dos últimos edificios de once plantas de 39 y 51 habitaciones respectivamente, que en la actualidad los edificios se encuentran en fase de construcción. Cada edificación tiene dos torres, en donde cada torre tiene acceso para tendido de datos de manera independiente (traga luz). Actualmente de los cuatro edificios la operadora de tv cable tiene tendido sus redes tal como se detalla a continuación:

En el primer edificio de 10 plantas, la operadora de tv cable está instalando cable coaxial a cada departamento. Cada departamento tiene una acometida de un tubo galvanizado de ¾ que interconecta a cada lugar del inmueble totalmente alambrado. Las figuras siguientes detallan la caja de paso donde permite tener accesibilidad a cualquier punto del inmueble por departamento.

El diseño en edificios a realizar es desde la FDB tender cable riser que sirve para instalaciones verticales y ubicar las FDF de manera estratégicas pasando cada dos plantas con un corte en ventana tal como de detalla en figura 26. Desde la FDF se interconecta con cable drop hasta la caja de paso que tiene cada habitación y permite tener acceso a cualquier lugar del departamento tal como se visualiza en la siguiente figura lo que permite disminuir el tendido del cable drop individual a cada habitación y sala.



Figura 12. Caja de paso del apartamento y Punto de ubicación de la roseta óptica

7 Presupuesto económico del diseño en base al volumen de obra de la CNT.EP

Para obtener el presupuesto económico de este proyecto, se debe considerar no solo el capital de inversión (CAPEX) sino el presupuesto que se va a requerir para la instalación de los equipos terminales ONT y el mantenimiento de los equipos que va a requerir una vez se construya la red (OPEX).

La ODN puede diseñarse y construirse en forma totalmente independiente del fabricante de equipos activos (OLT, Tarjetas y ONT); pero como recomendación, siempre que se pueda se debe construirse en forma aérea en lugar de subterránea, para disminuir su CAPEX. Obviamente al existir redes subterráneas disponibles esta se debe preferir a la red aérea porque es menos propenso a sufrir daños fortuitos.

Por consiguiente, se presenta un desglose de precios que son necesarios como capital de inversión (CAPEX) para la implementación del presente caso de estudio para brindar servicios de voz, datos e IPTV en la urbanización Blue Bay en las etapas residencial y edificios.

Tabla 4. Inversión Total de red GPON Blue Bay

Red feeder.....USD:	5.007,78
Red distribución.....USD:	45.651,58
Elementos activos.....USD:	26.928,00
Red Dispersión.....USD:	0,00
Canalización.....USD:	5.328,83
TOTAL.....USD:	**82.916,19**

8 Conclusión

- Se diseñó un modelo con doble nivel de splitters que permite la obtención de una red flexible y tener ramificaciones para aprovechar cada hilo de fibra óptica de la red ODN.
- Al recabar de manera exhaustiva la información de la infraestructura existente de la urbanización Blue Bay, permitió ubicar de manera estratégica las NAPs lo que ayudo a disminuir el tendido de red de distribución, menor uso de puerto PON y una mejor inversión en el CAPEX y el OPEX.
- El presupuesto óptico justifico la utilización de equipos activos de clase B+ que permiten garantizar que se cumple las prestaciones requeridas para satisfacer el ancho de banda necesario de la urbanización Blue Bay en el peor de los casos.

Referencias

1. Ezell, S., AtkinSon, R., Castro, D., & Ou, G. (2009). The Need for Speed: The Importance of Next-Generation Broadband Networks. The Information Technology & Innovation foundation, 2 - 3
2. Joskowicz, D. I. (2013). Voz, Video y Telefonía sobre IP. Instituto de Ingeniería Eléctrica,Facultad de Ingeniería. Montevideo, URUGUAY: Universidad de la República.
3. Joskowicz, I. J. (03 de 01 de 2008). Estudio de la Medida de la Calidad Perceptual de Video. Recuperado el 30 de 03 de 2016, de Medida de la Calidad Perceptual de Video.
4. Cisco Systems, I. (15 de 08 de 2010). *Condiciones que afectan al rendimiento de una sesión de WebEx*. (Cisco, Editor) Recuperado el 2016 de 03 de 30, de Ancho de banda de WebEx Documento técnico: http://es.wbximg.com/includes/documents/whitepapers/WP_enterprise_video-bandwidth_es.pdf
5. Netflix. (03 de 05 de 2002). Recomendaciones sobre la velocidad de conexión a Internet. Recuperado el 30 de 03 de 2016, de Calidad de video HD: https://help.netflix.com/es/node/306
6. Gerencia de Ingeniería e Implementacion. (2015). NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA OPTICA (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK). CNT.