

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

**XVIII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.
“SIE 2019”**

**Propuesta de Solución de Red de Banda Ancha en la Periferia de La
Habana**

Proposal for a Broadband Network Solution in the Periphery of Havana

Guillermo José Guerra Hernández¹

Pedro José Arcos Ríos²

1-Ing. Guillermo José Guerra Hernández. ETECSA, Cuba. E-mail:

guillermo.guerra@etecsa.cu

2-Dr.C. Pedro José Arcos Ríos. UCLV, Cuba. E-mail; parco@uclv.edu.cu

Resumen:

En 1998, se instaló el sistema WLL (Wireless Local Loop), que consiste en una red de acceso telefónico inalámbrica. Este sistema desarrollado en lo fundamental para zonas rurales, se implementó en zonas urbanas de la periferia de La Habana, y con el tiempo se ha convertido en una tecnología obsoleta, además de no brindar los servicios de banda ancha que tanto se necesitan en el país para la informatización de la sociedad.

El problema de investigación de este trabajo es: ¿Cómo sustituir el sistema WLL para mejorar la infraestructura tecnológica de las comunicaciones en la periferia de La Habana?

El objetivo principal es proponer una solución de acceso de banda ancha que permita sustituir la tecnología obsoleta en dicha zona para brindar acceso a servicios de internet en los hogares e instituciones estatales.

La investigación comprende como campo de acción: las redes de acceso de banda ancha fija, sus antecedentes, estado del arte y la tecnología que se ajusta al objeto de estudio.

Información de contacto

convencionuclv@uclv.cu

www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

El resultado del trabajo conlleva a que el uso de la tecnología GPON con redes FTTX permite garantizar los servicios de banda ancha triple play, escalar a tecnologías superiores (GPON, NG-PON2) sin tener que variar la planta exterior y a un menor consumo de energía y gastos de mantenimiento.

Abstract:

In 1998, the WLL (Wireless Local Loop) system was installed, consisting of a wireless dial-up network. This system, developed fundamentally for rural areas, was implemented in urban areas on the outskirts of Havana and over time it has become obsolete, as well as not providing the broadband services that are so needed in the country the computerization of society.

The research problem of this work is: How to replace the WLL system to improve the technological infrastructure of communications in the periphery of Havana?

The main objective is to propose a broadband access solution that allows replacing the obsolete technology in that area to provide access to Internet services in homes and state institutions.

Research includes as a field of action: fixed broadband access networks, their antecedents, state of the art and the technology that fits the object of study.

The result of the work leads to the use of GPON technology with FTTX networks to guarantee triple play broadband services, scaling to superior technologies (GPON, NG-PON2) without having to vary the external plant and a lower energy consumption and maintenance expenses.

Palabras Clave: Banda Ancha; GPON; NG-PON; OLT; FTTX; ONT.

Keywords: Broadband; GPON; NG-PON; OLT; FTTX; ONT .

1. Introducción

En el año 1998, ETECSA, introdujo en sus redes, en zonas de la periferia de La Habana, el sistema WLL (Wireless Local Loop, en español Lazo Local Inalámbrico), que consiste en

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

una red de acceso telefónico inalámbrica[1]. Esta red en su momento cumplió un objetivo, ofertar servicios telefónicos de una manera más rápida al no tener que desplegar redes de cables locales, el tiempo de instalación del servicio era mucho menor. Este sistema desarrollado en lo fundamental para zonas rurales, se implementó en zonas urbanas de la Habana, y con el tiempo se ha convertido en una tecnología obsoleta, sin repuesto, lo que ha provocado mala calidad en el servicio al tener clientes por largos periodos de tiempos interrumpidos, además de no brindar los servicios de banda ancha que tanto se necesitan en el país para la informatización de la sociedad.

De aquí, que el problema de investigación de este trabajo sea: ¿Cómo sustituir el sistema WLL para mejorar la insuficiente infraestructura tecnológica de las comunicaciones para dar cumplimiento a los exigentes servicios que demanda el Programa Nacional de Informatización de la Sociedad Cubana?. Para dar solución al problema planteado se define como objetivo general de esta investigación: Proponer una red de acceso de banda ancha que permita sustituir la tecnología obsoleta y garantice servicios requeridos por el Programa Nacional de Informatización de la Sociedad Cubana.

De acuerdo al problema identificado, se declara como objeto de estudio: las redes de acceso de banda ancha. La investigación comprende como campo de acción: la red de acceso de banda ancha fija, que satisfaga las necesidades de la informatización de la sociedad.

1.1 Red de acceso basada en cobre.

Existen varios tipos de redes de línea de abonado digital, cada una con sus características específicas en cuanto al ancho de banda utilizado, velocidad en sentido de descarga y subida, alcance máximo y las aplicaciones que soportan. Entre ellas, línea de abonado digital asimétrica (ADSL, Asymmetric Digital Subscriber Line) , línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia (VDSL, Very high bit rate Digital Subscriber Line) y VDSL2, son las que permiten una mayor tasa de transferencia. En la tabla 1 se muestran las velocidades que alcanzan los diferentes tipos de xDSL, así como el estándar.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

Estándar	Nombre común	Velocidad de bajada máxima	Velocidad de subida máxima
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	12 Mbit/s	1.3 Mbit/s
ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	12 Mbit/s	1.3 Mbit/s
ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	12 Mbit/s	1.8 Mbit/s
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
ITU G.992.3	ADSL2	12 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.3 Annex J	ADSL2	12 Mbit/s	3.5 Mbit/s
ITU G.992.3 Annex L	RE-ADSL2	5 Mbit/s	0.8 Mbit/s
ITU G.992.4	splitterless ADSL2	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
ITU G.992.5	ADSL2+	24 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24 Mbit/s	3.5 Mbit/s
ITU G.993.1	VDSL	52Mbit/s	12 Mbit/s
		26 Mbit/s	26 Mbit/s
ITU G.993.2	VDSL2	100 Mbit/s	100 Mbit/s

Tabla 1. Comparación de las diferentes velocidades desarrolladas por la tecnología xDSL. (Fuente Internet) ADSL evolucionó hacia ADSL2 y luego a ADSL2+, con características muy similares entre ellas. ADSL2+ con respecto a sus antecesoras, ella emplea el doble del ancho de banda, de 2,2 MHz y la velocidad de descarga es de 24 Mbps, así como de subida de 2 Mbps, cuando se define un modo de operación adicional en el caso de la transmisión, sobre el mismo par de cobre con los servicios de voz[2]. En la figura 1 se muestra el esquema simple de red usando ADSL.

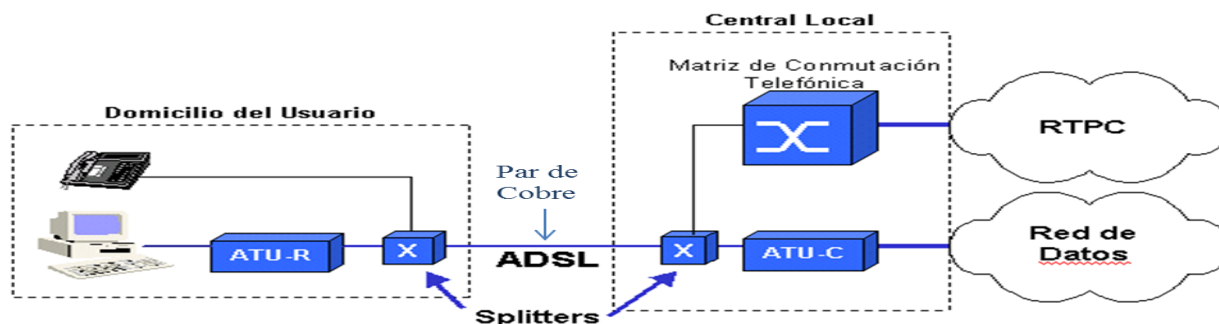


Figura 1. Esquema simple de red ADSL.(Internet)

También, VDSL se desarrolló a VDSL2, que está diseñado para soportar los servicios triple play como televisión de alta definición y juegos interactivos[3]. VDSL2 aprovecha la actual infraestructura telefónica de pares de cobre, ella permite a las empresas y operadores actualizar gradualmente las líneas xDSL existentes y posibilita un ancho de banda superior de 30 MHz para ofrecer una mayor velocidad en la transmisión simétrica de 100 Mbps y

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

asimétrica, con respecto a otras tecnologías xDSL. VDSL2 es una opción viable para un enlace menor de 500 m, dentro de edificios[4] y junto a ADSL2+, pueden implantarse como parte de las soluciones de fibra hasta la acera, que incluye la sustitución de la red de alimentación de cobre por fibra, lo que posibilita mayores velocidades en el acceso. Además, depende de las características del canal y sirve para beneficio de uno o varios usuarios[5].

En la figura 2 se muestra un gráfico comparativo de la velocidad vs distancia de la tecnología xDSL.

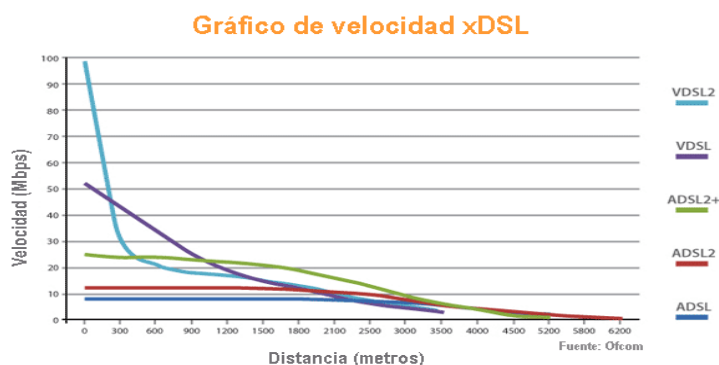


Figura 2. Grafico comparativo de la velocidad vs distancia de xDSL. (Fuente Internet)

Las tecnologías xDSL en ocasiones no satisfacen los altos requerimientos de servicios de banda ancha. Debido a que las líneas de cobre poseen limitaciones en cuanto a la velocidad de transmisión de datos con el aumento de la distancia entre el equipo del abonado, módem DSL y el multiplexor de acceso de línea de abonado digital (DSLAM, Digital Subscriber Line Access Multiplexor), en la central telefónica. Por ello, ha sido necesaria su coexistencia con otras tecnologías basadas en cables coaxiales, radioenlaces de microondas y fibra óptica, que permiten un mayor flujo de información.

1.2 Red óptica pasiva

Una red óptica pasiva (del inglés Passive Optical Network, conocida como PON) es una red que utiliza cableado de fibra óptica para transportar señales al usuario final. Según donde termine la PON el sistema se puede catalogar como una red FTTx permitiendo conexión

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

punto-punto o punto-multipunto desde la central hasta el local del suscriptor, el acrónimo FTTx es conocido como Fiber-to-the-x, donde x puede denotar distintos destinos (ver Figura 3).

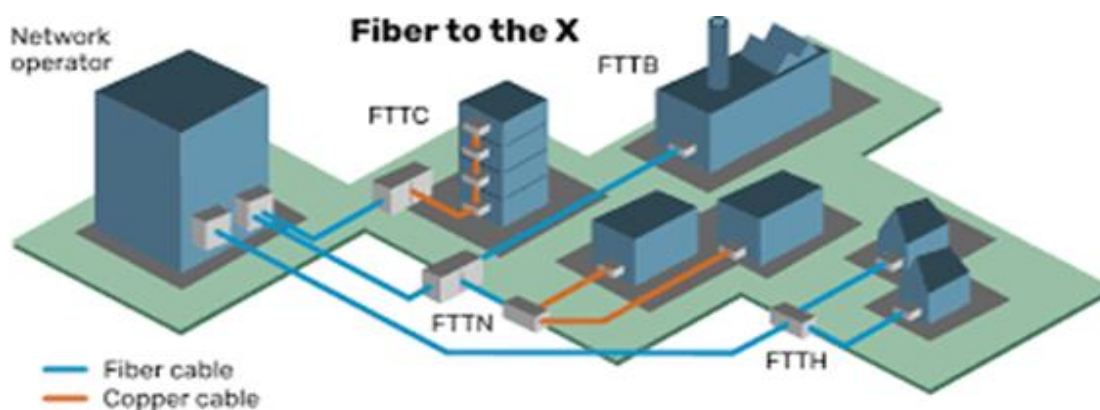


Figura 3. Fibra hasta un destino.(Fuente internet)

La red óptica pasiva (PON, Passive Optical Network) emplea una conexión P2MP para las transmisiones entre la OLT y las ONU/ONT, las cuales comparten los recursos mediante técnicas de multiplexación. En ella no se requiere energía para la alimentación de los equipos intermedios. La PON está compuesta por 3 partes principales: La terminación de línea óptica OLT(Optical Line Termination), la terminación de red óptica (ONT, Optical Network Termination) y la red de distribución óptica (ODN, Optical Distribution Network) correspondiente a cada puerto PON de la OLT; en esta última se localizan los divisores ópticos pasivos (POS, Passive Optical Splitter) encargados de dividir la señal óptica hacia cada usuario[6].

Generalmente, no requieren ningún tipo de actualización ante un posible cambio de tecnología. Utiliza diferentes topologías como: árbol, bus y anillo pasivo[7]. Las redes PON ofrecen una solución factible a la problemática de la última milla y son desplegadas por los operadores de redes de telecomunicaciones por las significativas ventajas que ofrecen[8].

Las PON sustituyen los divisores eléctricos por divisores pasivos. De esta forma, se reduce la cantidad de dispositivos activos en la planta externa y se minimiza el planeamiento de

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

red, lo cual contribuye a la reducción de la inversión o gasto de capital (CAPEX, Capital Expenditure) y de operaciones (OPEX, Operational Expenditure)[9], al formar una económica red de acceso hasta el usuario final.

En el mercado actual se encuentran diferentes tipos de redes unidas al concepto xPON. Estos son, en un principio: APON, BPON, GPON y EPON. Las de mayor aceptación han sido la red óptica pasiva Ethernet (EPON, Ethernet Passive Optical Network) estandarizada en la IEEE 802.3ah y la red óptica pasiva con capacidad de gigabit (GPON, Gigabit capable Passive Optical Network) descrito en el estándar ITU-T G.984.1[10]. GPON ha sido elegida por varios operadores de telecomunicaciones y fabricantes en el mundo por sus ventajas sobre EPON[11]. Estas se han desarrollado hacia otras tecnologías PON que ofrecen velocidades de transferencia superiores como: 10G-EPON y XG-PON [[12],[13]], respectivamente; las cuales pueden evolucionar hacia la segunda etapa de las redes ópticas pasivas de próxima generación, NG-PON2.

1.3 Red óptica pasiva con capacidad de gigabit

El funcionamiento de la tecnología GPON se describe en la serie de estándares ITU-T G.984. GPON permite la implementación de una red flexible de acceso sobre fibra óptica capaz de soportar los requisitos de banda ancha de los servicios de usuarios residenciales y no residenciales mediante FTTX. El estándar G.984.1 surgió con el fin de establecer nuevas exigencias a la red, entre ellas[14]: El soporte de los servicios de voz, Ethernet y ATM. El alcance físico máximo es de 20 km, aunque puede llegar hasta un alcance lógico máximo de 60 km. Incluye velocidades de 2.4 Gbps en el enlace descendente, de la OLT a las ONU y 1.2 Gbps en el ascendente, de las ONU a la OLT. Además soporta 2.4 Gbps de forma simétrica. El número máximo de usuarios que pueden servir a través de una misma fibra es 64, aunque el sistema está preparado para soportar hasta 128.

La figura 4 muestra una red GPON formada por la OLT, ONT/ONU y la ODN con una topología P2MP en la que se localizan los divisores ópticos pasivos. Para la transmisión de voz y datos utiliza la longitud de onda de 1490 nm en el sentido de descarga y en subida, la longitud de 1310 nm, el servicio de distribución de video en la banda de 1550-1560 nm.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

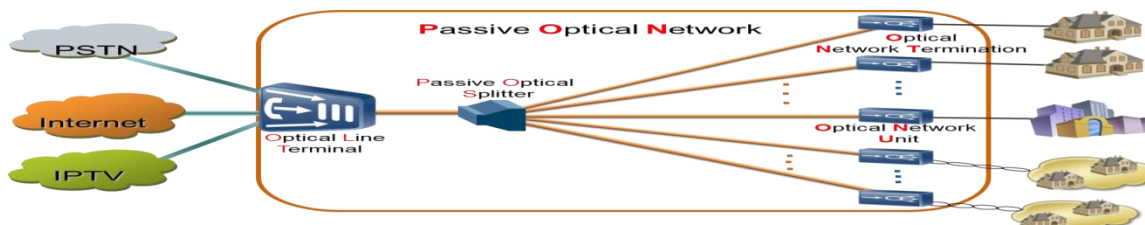


Figura 4. Estructura red GPON. (Fuente Internet)

GPON posibilita la convergencia de los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red, lo que favorece la reducción de los costos para los operadores al no tener que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio. Por lo tanto, constituye una solución efectiva para la migración de la red de cobre a fibra óptica.

1.4 Red óptica pasiva de próxima generación

La red óptica pasiva de próxima generación fase 1 (NG-PON1, Next Generation Passive Optical Network phase 1) posee 2 variantes de arquitecturas denominadas: XG-PON1, la cual opera a una velocidad de 10 Gbps en bajada y 2.5 Gbps en subida, así como XGS-PON2, con una razón de transferencia de 10 Gbps de forma simétrica. Específicamente, XG-PON1 se describe en la serie de estándares ITU-T G.987.x y usa los tipos de fibra estandarizados en la recomendación ITU-T G.652 al igual que GPON. Para la transmisión en sentido de subida utiliza la longitud de onda de 1270 nm perteneciente al rango de 1260-1280 nm y en descarga, la longitud de onda de 1577 nm que pertenece al rango de 1575-1580 nm. En la figura 5 se muestra el diagrama lógico de la red de acceso XG-PON cuya ODN representa un segmento simple de distribución óptica.

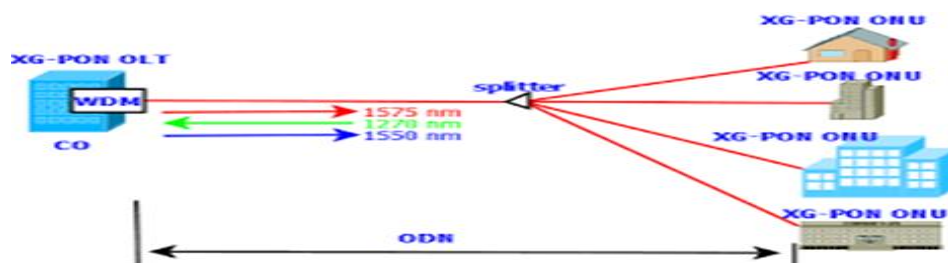


Figura 5. Diagrama simple de la red XG-PON.[15]

En el estándar se describen 2 posibles escenarios de migración de la red óptica pasiva llamados greenfield PON y brownfield PON[16]. El primero, se refiere a una región donde

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

no se ha desplegado una red PON y resulta viable el cambio de la red de cobre existente por XG-PON1 sin antes desplegar GPON para satisfacer una velocidad de transferencia por usuario igual o superior. En el segundo caso, pueden coexistir XG-PON y GPON sobre una misma fibra.

La red óptica pasiva de próxima generación fase 2 (NG PON2, 40-Gigabit-capable Passive Optical Network), descrita en la serie de estándares ITU-T G.989.x[17], posee las siguientes características: Las tecnologías ópticas especificadas por NG-PON2 son TWDM PON y PtP WDM PON[18], [19]. TWDM (Time and wavelength Division Multiplexing) es un sistema PON híbrido en el cual cada canal de longitud de onda puede ser compartido entre varias ONU, mediante mecanismos de acceso múltiple y multiplexación por división de tiempo. La tecnología utiliza el rango de longitudes de onda de 1524-1544 nm en descarga y 1596-1603 nm en la banda de subida. Por su parte, PtP WDM (Poin-to- Point Wavelength Division Multiplexing) es un sistema PON que permite la conexión punto a punto a través de un canal de longitud de onda dedicado por ONU para cada sentido de la transmisión; emplea las bandas de espectro compartido entre 1603-1625 nm y ensanchado entre 1524-1625 nm, ambas en sentido descendente y ascendente, Capacidad de 40 Gbps en sentido descendente y de 10 Gbps en sentido ascendente, con un alcance de 20 km y al menos una razón de división de 1:64, la cual garantiza la variedad de servicios de los usuarios residenciales, clientes de negocio y las aplicaciones del backhaul móvil.

La coexistencia con sistemas PON se ve facilitada por el plan de longitud de onda. En cuanto al sistema XG-PON1 que lo precedió, el sistema NG-PON2 usa una superposición de longitud de onda para permitir que cada sistema funcione independientemente en una infraestructura de fibra común. Esto permite la coexistencia simultánea con PON heredado (G-PON y XG-PON1) y 1555 nm RF video[19]. En la figura 6 se muestra esquema general con escenario de coexistencia de NG-PON2, XG-PON y GPON.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

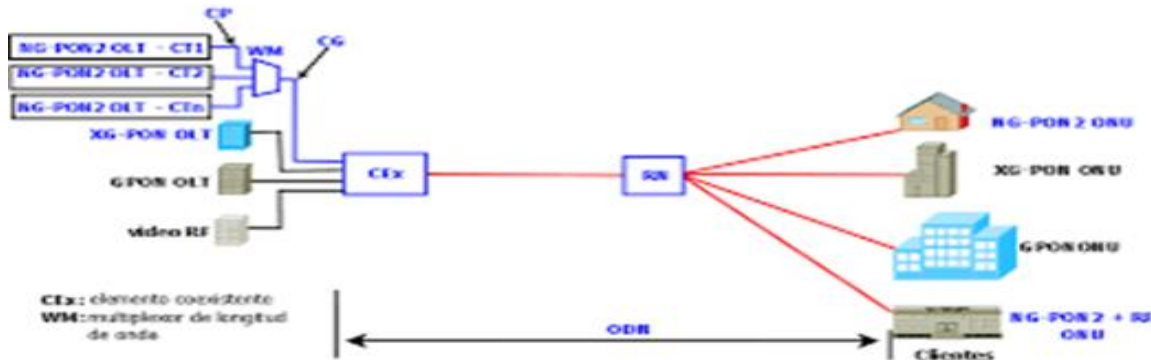


Figura 6. Esquema general con escenario de coexistencia de NG-PON2, XG-PON y GPON.[15]

En WDM-PON, la ODN de las tecnologías TDM-PON no se mantiene intacta y, al menos, es necesario cambiar el divisor/combinador (splitter) empleado por GPON y XG-PON, por un multiplexor/demultiplexor de longitudes de onda o AWG (Arrayed Wavelength Grating). Al igual que el divisor, el AWG es un componente pasivo que puede operar en un amplio rango de temperaturas, lo cual los hace susceptibles de ser integrados en cabinas a pie de calle fuera de las centrales de las operadoras. Mientras que de la central a los usuarios el divisor replica la señal óptica en todas sus salidas, dividiendo la potencia entre todas ellas; el AWG dirige cada longitud de onda a su correspondiente ONU con unas pérdidas muy bajas. Por ejemplo, mientras un divisor 1:64 introduce unas pérdidas de unos 20 dB, un AWG sólo introduce unos 8 dB. De este modo, el presupuesto óptico extra puede ser empleado para reducir las especificaciones y, por lo tanto, el coste de los componentes ópticos; o bien para incrementar el factor de división (split ratio) o la distancia.

Por todo lo antes expuesto, se considera que la red óptica pasiva constituye una solución factible para el desarrollo de la OSP con respecto a la red óptica activa, pues minimiza el despliegue de fibra óptica en la última milla al utilizar topologías P2MP, simplifica la densidad del equipamiento en la central, en nodos de distribución y se reduce el consumo de energía en la ODN.

Las redes ópticas pasivas ofrecen las siguientes ventajas: Aumento de la cobertura hasta los 20 Km, que con tecnologías XDSL como máximo se cubre hasta los 5 Km; ofrecen mayor ancho de banda para el usuario; mejora en la calidad del servicio y simplificación de la red debido a la inmunidad que presentan a los ruidos electromagnéticos; minimización del

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

despliegue de fibra óptica gracias a su topología; reducción del consumo gracias a la simplificación del equipamiento y es mucho más barata.

2. Metodología

2.1 La metodología seguida se basa en la investigación del estado del arte de las redes de acceso de banda ancha fija a través de la lectura de artículos científicos, libros, revistas, documentos electrónicos, estándares de la IEEE, la UIT-T y el estudio de la planificación y diseño de redes FTTH en combinación con redes GPON, al término del cual se expondrá la propuesta que sustenta el presente trabajo. La presentación de la planificación y diseño empezará por un análisis de los componentes de una red de acceso FTTH GPON, así como de su arquitectura. Posteriormente se introducen nuevos elementos y técnicas con el fin de optimizar los servicios ofrecidos por las operadoras. Se tomará en cuenta la planificación de redes, servicios prestados, se considerarán las topologías de redes, el número de usuarios, la distribución de bloques, el punto de referencia para el trazado e instalación de la fibra óptica y la distribución de splitters de primer y segundo nivel por bloque.

2.3 Alcance del proyecto El alcance está orientado a realizar un cambio tecnológico, en la zona de la periferia de La Habana donde se encuentra el sistema WLL. Esto conlleva la sustitución de la red actual por una solución de banda ancha GPON con soluciones de red del tipo FTTH.

2.4 Antecedentes. En dos consejos populares del Casco Histórico de la Habana Vieja, en Plaza Vieja y Catedral. Se llevó a cabo la sustitución de la red flexible de cobre actual por una solución de banda ancha GPON con soluciones de red del tipo FTTH y FTTC. Con estos tipos de soluciones se mantienen los servicios básicos de telefonía y se agregan servicios de banda ancha de navegación y otros novedosos servicios como IPTV.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

3. Resultados y discusión

Después de analizadas las tecnologías de acceso de banda ancha existentes, nos decidimos por la tecnología GPON con despliegue FTTH. Con este tipo de solución se mantienen los servicios básicos de telefonía y se agregan servicios de banda ancha de navegación y otros novedosos servicios como IPTV, al ser la tecnología GPON una tecnología de acceso de banda ancha, facilita también de conjunto con la Red Metro Ethernet de la Habana el despliegue de nuevos sitios WiFi y radio bases del servicio móvil en los sitios que cubren su despliegue.

Todas las redes indistintamente de cómo esté configurada su infraestructura como un sistema y considerando una serie de elementos propios de estos entornos, deben garantizar antes y después un correcto funcionamiento, lo que significa que deben seguir brindando el servicio al cliente para la cual fueron diseñadas. Sin embargo, para poder brindar y mantener esos servicios a nivel de las redes FTTH, es importante contar inicialmente con un plano, donde se esquematicen las distribuciones por zonas y servicios que van a ser atendidos por el proveedor de servicios.

En la figura 7 se presenta el área de estudio. En la región existen 1357 localizaciones potenciales de servicios, de ellas, 1286 residenciales y 71 no residenciales.

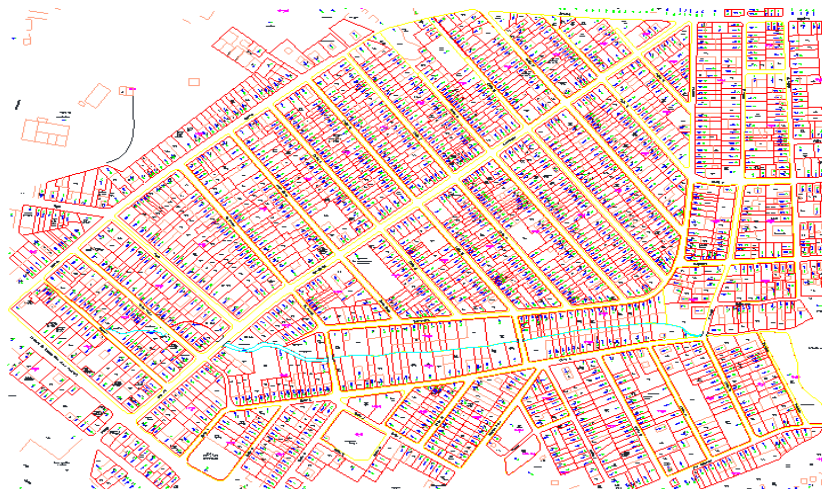


Figura 7. Zona de estudio para la solución.

A partir del plano, se tiene una cantidad de predios donde reside cierta cantidad de clientes y una canalización de FTTH para cada propietario. De esta forma, los servicios que se

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

brindan se relacionan con telefonía, Internet, IPTV con señales de alta definición (HD) y ancho de banda. Los tipos de servicios y anchos de banda, se detallan en la siguiente tabla 2.

Servicio	Ancho de banda (subida)	Ancho de banda (bajada)
Acceso a Internet	1 Mbits	24 Mbits
IPTV	100 Kbits	16 Mbits
Telefónicos	200 Kbits	200 Kbits
	1,3 Mbits	40,2 Mbits

Tabla 2. Tipos de Servicios y Anchos de Banda

Cuando hacemos referencia al tipo de servicio y ancho de banda, se debe considerar la simultaneidad, referido al envío y recepción de datos, para cada servicio en horas pico, la cual es del 25%. También se deben considerar la cantidad de señales de broadcast TV, que en el caso de IPTV es de 60 señales, y cada señal con velocidades promedio de 8 Mbps. En este contexto, se utiliza tecnología GPON para el diseño de la red con disponibilidad de puertos bidireccionales.

3.1 Diseño de la red FTTH

Para instruir, cómo sería el diseño de una red FTTH, se toma en cuenta el ancho de banda en este tipo de redes, ya que este aspecto garantiza la calidad y en cierta forma el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto a los servicios requeridos. Por lo anterior, es importante conocer el total del ancho de banda para transmitir cada uno de los servicios ofrecidos y la relación con los splitters de primer y segundo nivel, respectivamente. Para ello, nos planteamos el siguiente método:

$$\text{Acceso Internet} + \text{IPTV} + \text{VoIP} \times 2 = 24 + 16 + 0.2 \times 2 = 40.2 \text{ Mbps} \quad (1)$$

Se observa, que los datos utilizados para el cálculo del ancho de banda, son seleccionados del ancho de banda de bajada, tabla 2, que se utilizan para ofrecer los diversos servicios.

Para garantizar, que estos 40.2 Mbps, le van a llegar a los usuarios de manera eficiente y continúa, se debe establecer la relación de los splitters de primer y segundo nivel, equitativamente. Esta relación a nivel de splitters se observa en la figura 8.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

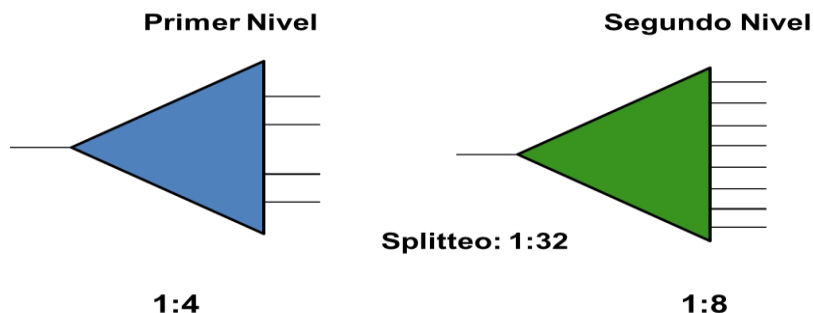


Figura 8. Relación de los splitters de primer y segundo nivel.

Para obtener el ancho de banda requerido en el puerto PON, se procede a utilizar la siguiente técnica:

$$40.2 \times 32 + 60 \times 8 = 1766.4 \text{ Mbps (2)}$$

Se observa en el cálculo anterior, que el ancho de banda disponible es de 1766.40 Mbps, por lo que es menor al ancho de banda promedio de 2500 Mbps, que ofrece un puerto PON, lo que permite brindar los servicios a los respectivos usuarios.

Tal y como se ha descrito hasta el momento en el diseño de la red FTTH, es necesario contemplar el posicionamiento de los splitters de segundo nivel dentro del área de zonificación. Para lograr una adecuada distribución de estos splitters de segundo nivel, se toma en cuenta el número de clientes que existen por manzana y el nivel de relación del splitter, que en este caso es de 1:8, por ejemplo, para un predio o bloque conformado por 43 usuarios, se requiere de un total de 6 splitters, con un total de 48 salidas (6 splitters x 8 salidas = 48 salidas), lo que deja disponibles 5 puertos libres para un futuro crecimiento de esta manzana.

Para la ubicación de los centros de distribución y los splitters de primer nivel, se ha tomado en cuenta, el número de usuarios por manzana, por ejemplo, un centro de distribución, conformado por cuatro splitters, atenderá la demanda de los servicios en cada uno de los predios, los cuales están conformados por los bloques, compuesto de 44, 43 y 35 clientes, respectivamente. La misma misión en cuanto a funcionamiento y rendimiento tendrán los otros centros de distribución, individualmente. Por consiguiente, si se considera que los puertos GPON son iguales al número de splitters de primer nivel, se tiene que para satisfacer la demanda de 1357 servicios se necesitan un total de 42 splitters que

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

corresponden con 42 puertos GPON, que son requeridos para poder atender la demanda de servicios entre los respectivos usuarios, sectorizados por manzanas y calles, proporcionalmente.

Existen varios proveedores de tecnología GPON como Alcatel, Ericsson, Huawei y ZTE, pero en este caso proponemos el equipamiento MA5600T OLT que consiste de una cabina, o subrack con hasta dos tarjetas de Control y Conmutación y varias tarjetas de líneas. El gabinete soporta un máximo de 512 puertos PON, 2048 POTS, 2048 VDSL2, 2048 ADSL2+ y 1536 líneas combo. La capacidad del sistema: 16 tarjetas PON de 16 puertos en un shelf (rack 21 pulgadas). Por lo que solo se requiere un nodo de acceso, debido a que: 16 tarjetas x 16 puertos = 256 puertos. Por supuesto que, solo se requiere de tres tarjetas, la primera y la segunda tarjeta contendrán 16 puertos GPON y la tercera tarjeta 10 puertos GPON.

Implementación del cálculo y análisis de pérdida de potencia Fibra (G.652D) MM:

- Para downlink, el power budget = $0.26(1490\text{nm}) * 5\text{km}(L) + 7,2(S-1:4) + 11(S-1:8) + 0.3(C)*6 + 0.1(E)*2 + 3(M) = 24.5 \text{ dB}$ (3)
- Para uplink, el power budget = $0.35(1310\text{nm}) * 5\text{km}(L) + 7,2(S-1:4) + 11(S-1:8) + 0.3(c)*6 + 0.1(E)*2 + 3(M) = 24.95 \text{ dB}$ (4)
- GPON-Módulos Ópticos, Clase B+ = (budget de 28 dB)

siendo: λ Longitud de onda, L longitud del cable de fibra óptica, S splitter, C conector, E empalme, M margen de 3 db.

3.2 Valoración económica y social

En el plano social aumenta la efectividad en la prestación de los servicios, es una garantía para ofertar a los clientes servicios con calidad. Dando una adecuada facilidad en la provisión y la gestión de los servicios.

El impacto económico: La nueva tecnología es muy económica, los costos de implementación son inferiores en comparación con las redes tradicionales, la tecnología puede sustituir redes obsoletas cuyos costos de explotación son elevados. Los equipos consumen menos energías, más versátiles, la fibra óptica (FO) es más barata.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

Reducen el CAPEX en fibras óptica (1FO para muchos usuarios) y OLT (1 puerto en la OLT para muchos usuarios), en esencia permiten la minimización del despliegue de fibra.

El costo de operación y mantenimiento es hasta mucho menor, la capacidad es mucho más grande que otros medios (inalámbrico, cobre, coaxial), el consumo de energía es 4 veces menor.

El impacto tecnológico: Altos niveles de confiabilidad, vitalidad, y seguridad en la red, se ganará en calidad de los servicios, organización y ahorro.

4. Conclusiones

Se realizó un estudio del estado del arte y las tendencias de las redes de acceso de banda ancha fija, tanto por cobre como por fibra óptica. Con este trabajo se logra tener una visión más cercana de la estructura de la red de acceso de los operadores actuales realizando un recorrido desde la parte más teórica hasta los aspectos económicos que impulsan su evolución.

En este trabajo se plantea como la planificación y el diseño de las redes FTTH a partir de la zonificación y prestación de servicios usando tecnología GPON, permite optimizar el rendimiento de una red de fibra óptica para una mejor prestación de servicios y mejoras en el rendimiento continuo de manera distribuida.

Se describieron las principales características de diseño y configuraciones de GPON en el acceso, con esto se logra una mejor flexibilidad para el futuro crecimiento de la red en la provincia y se puede ofrecer una respuesta a la constante demanda de servicio, proporcionando soluciones económicamente factibles, además de alcanzar altos niveles de confiabilidad, vitalidad, y seguridad en la red. Hoy ya nadie tiene dudas de que las inversiones en redes GPON en el modelo FTTx (fibra a cualquier lugar – casa, edificio, etc.) para proporcionar servicios triple-play (voz, video y datos en un mismo canal) son una consecuencia natural de la evolución tecnológica.

Con el cambio tecnológico se garantizan todos los servicios requeridos para satisfacer las necesidades de la informatización de la sociedad.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

5. Referencias bibliográficas

- [1] M. Escalante, C. Martínez, J. G. Vivas, y A. D. Medina, «Trabajo Investigativo sobre Wireless Local Loop (WLL)», abr-2002. [En línea]. Disponible en: <http://www.oocities.org/es/mari0411ve/WLL.htm>.
- [2] ITU-T, «Recommendation ITU-T G.992.5/Annex C, Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) – Extended bandwidth (ADSL2plus)», *Reporte técnico*, feb-2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200901-I/es>.
- [3] UIT-T, «Recomendación UIT-T G.993.2, Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)», *Reporte Técnico*, ene-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2-201501-I>.
- [4] P. Lafata, «Examination of Multiplexing VDSL2 over ADSL2+ Line», *Elektronika ir Elektrotechnika, Vol. 19, pag 123-127*, oct-2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.socsc.ktu.lt/index.php/elt/article/viewFile/3116/2941>.
- [5] UIT-T, «Recommendation ITU-T G.993.5, Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers», *Reporte Técnico*, ene-2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.5-201501-I/es>.
- [6] N. Ansari y J. Zhang, «PON Architectures», *Media Access Control and Resource Allocation: For Next Generation Passive Optical Networks*, pág 11-22, 2013. [En línea]. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-3939-4_2.
- [7] D. Law, «IEEE 802.3TM Industry Connections Feasibility Assessment for the Next Generation of EPON», *Reporte Técnico*, mar-2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.ieee802.org/3/ad_hoc/ng_epon/ng_epon_report.pdf](http://www.ieee802.org/3/ad_hoc/ng PON/ng_epon_report.pdf).
- [8] D. Rosabal, «Red acceso óptica para la modernización de la planta externa en el municipio Manzanillo», Thesis, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, 2016.
- [9] E. Wong, «Next-Generation Broadband Access Networks and Technologies», *Journal of Lightwave Technology, Vol. 30, págs 597-608*, feb-2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?uri=jlt-30-4-597>.
- [10] R. Malhotra y A. K. Garg, «Capacity and delay analysis in Passive Optical Networks (PONs) - A review», *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCES IN COMPUTING AND INFORMATION TECHNOLOGY*, págs 182-187, abr-2012. [En línea].

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

Disponible en:

<http://www.ijacit.com/articles/twelve/vol1issue2/vol1issue2/EIJACIT120023.pdf>.

- [11] M. L. Bonilla, E. Moschim, y F. R. Barbosa, «Estudio Comparativo de Redes GPON y EPON», *Scientia et Technica*, Vol. 1, págs 321-326, may-2009. [En línea]. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2971>.
- [12] J.-i. Kani, F. Bourgart, A. Cui, A. Rafel, M. Campbell, R. Davey, y S. Rodrigues, «Next-Generation PON—Part I: Technology Roadmap and General Requirements», *IEEE Communications Magazine*, págs 43-49, nov-2009. [En línea]. Disponible en: https://www.ece.jhu.edu/~cooper/Oct2012/References/1.Intro/NG_PON_Part_I.pdf.
- [13] «Recommendation ITU-T G.987 : 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations and acronyms», jun-2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987-201206-I/en>.
- [14] «Recommendation ITU-T G.984.1 - Amendment 2, Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics», abr-2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-201204-I!Amd2/en>.
- [15] D. Rosabal, «Tecnologías de acceso sobre redes ópticas pasivas», *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, Vol. 4, págs 1-12, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://docplayer.es/20070495-Tecnologias-de-acceso-sobre-redes-opticas-pasivas.html>.
- [16] «Recommendation ITU-T G.987.1, 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements», mar-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1>.
- [17] «Recommendation ITU-TG.989 : 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Definitions, abbreviations and acronyms», oct-2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.989-201510-I>.
- [18] «Recommendation G.989.3 (2015) Amendment 1: 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Transmission convergence layer specification», nov-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.989.3-201611-I!Amd1>.
- [19] D. Nasset, «(PDF) NG-PON2 technology and standards», *ResearchGate*, mar-2015. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272640999_NG-PON2_technology_and_standards.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu