

PROPUESTA DE SOLUCIONES DE ACCESO PARA LA INTRODUCCIÓN POR ETECSA DE LOS SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN CUBA.

Claudia Carballo González, Luis Enrique Conde del Oso, Caridad Anías Calderón

ETECSA, Calle 3ra esq. 78 Miramar, ETECSA, Calle 3ra esq. 78 Miramar, CUJAE, ave 114, Marianao.

¹e-mail: claudia.carballo@etecsa.cu

²e-mail: luis.conde@etecsa.cu

³e-mail: cacha@tesla.cu

RESUMEN

Los servicios de banda ancha repercuten en el desarrollo económico, político y social de cualquier país. Por lo anterior, Cuba está dando los primeros pasos para la introducción masiva de la banda ancha, al definir una estrategia con metas precisas a alcanzar para el año 2020. ETECSA, actualmente único operador de telecomunicaciones en el país, se prepara para cumplir con dichas metas. En este sentido, en el presente trabajo se determinan los servicios de banda ancha que ETECSA pudiera ofertar en el período del 2015 al 2020 agrupados por las velocidades mínimas requeridas. Además, se proponen las soluciones tecnológicas en la capa de acceso que se consideran más adecuadas para la evolución de las redes fijas y móviles operadas por ETECSA, que actualmente presentan altos niveles de obsolescencia, hacia redes que garanticen la oferta de los servicios de banda ancha previstos. En la propuesta que se realiza se han precisado cuatro escenarios definidos a partir del desarrollo tecnológico actual, las características territoriales demográficas y la demanda real de los servicios de banda ancha, factores que determinan la tecnología a emplear en cada caso. Esta investigación constituye un punto de partida para dar cumplimiento a las metas trazadas a nivel de país para la introducción exitosa de la banda ancha en Cuba.

PALABRAS CLAVE: Banda Ancha, servicios, velocidad mínima, tecnologías de acceso, red fija, red móvil.

ABSTRACT

Broadband services have repercussions on the economic, political and social development of any country. There-fore, Cuba is taking the first steps to the introduction of broadband, to define a strategy with specific goals to achieve for the year 2020. ETECSA, currently only telecommunications operator in the country, must be prepared to fulfill those goals. In this sense, in the presently diploma work, the services of broadband are determined, grouped by the minimum speed required that ETECSA could offer in the period from 2015 to 2020. In addition, the technological solutions proposed in the access layer are considered for be the more suitable choices for the devel-opment of fixed and mobile networks operated by ETECSA, which currently have high levels of obsolescence, to networks to ensure the supply of broadband services provided. The proposal has been specified by four scenarios defined

from the current technological situation, geographic characteristics and the actual demand for broadband services, factors that determine the technology to be used in each case. This research is a starting point to give execution to the goals traced at country level for the successful introduction of the broadband in Cuba.

KEYWORDS: Broadband, services, minimum speed, access technologies, fixed network, mobile network.

INTRODUCCIÓN

La adopción de la banda ancha a nivel global ha impactado en las comunicaciones, no solo desde el punto de vista del operador para quien representa un negocio lucrativo, sino, sobre todo, en los usuarios, quienes pueden disfrutar de nuevos servicios relacionados con la salud, la educación, el intercambio de información y el entretenimiento. Por tales motivos, la banda ancha se ha situado en el centro de las prioridades de desarrollo, y muchos países en el mundo invierten cada año en infraestructuras de comunicaciones de altas capacidades de transmisión, con el propósito de brindar servicios cada vez con más calidad y, de esta forma, obtener una mayor productividad, mejorar la competitividad y alcanzar un mejor nivel de vida.

En correspondencia con lo anterior, en noviembre de 2014 se celebró en Corea del Sur la reunión de Plenipotenciarios de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), donde se redactó la Agenda Conectar 2020 [1] con metas precisas para la integración, la sostenibilidad, la innovación y el crecimiento de la banda ancha. Tomando como base dichas metas, Cuba, que forma parte de la UIT y aprobó la agenda propuesta, está dando los primeros pasos para la introducción de la banda ancha, lo que se ve materializado en la propuesta de una estrategia hasta el año 2020 elaborada por el MINCOM (Ministerio de las Comunicaciones) con la participación de otros organismos, donde se refleja la voluntad del país para desplegar servicios de banda ancha que estimulen el desarrollo económico, político y social del país.

Sin embargo, para alcanzar este propósito hay mucho por hacer, pues actualmente el acceso a Internet y a la red interna cubana está limitado, tanto en velocidad como en accesibilidad, debido a los altos niveles de obsolescencia que sufre la infraestructura tecnológica existente, en específico la limitada infraestructura IP en las capas de acceso y agregación. Por esta razón, ETECSA, actualmente único operador de telecomunicaciones en el país, debe potenciar dentro de su plan de desarrollo para el período comprendido entre 2015 y 2020, el crecimiento e introducción masiva de los servicios de banda ancha y así cumplir con los acuerdos gubernamentales de masificar el acceso a Internet y a la Intranet. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este trabajo es proponer soluciones tecnológicas en la capa de acceso para la introducción por ETECSA de los servicios de banda ancha en Cuba, tanto en zonas urbanas como rurales.

SOLUCIONES DE ACCESO PARA LA INTRODUCCIÓN DE LA BANDA ANCHA EN CUBA

Para realizar la propuesta tecnológica en la capa de acceso que permita la introducción de la banda ancha en Cuba, se definen cuatro escenarios diferenciados por la situación territorial demográfica, el desarrollo tecnológico existente y la demanda real de servicios. Estos son:

- **Urbano con alta densidad de tráfico**, en el que se encuentran todos los municipios de La Habana, las cabeceras provinciales, Cárdenas y Trinidad, territorios que presentan alta densidad poblacional con áreas donde se concentran los hoteles, empresas, centros de negocios y residencias que demandan servicios con altas velocidades y, por tanto, poseen un alto potencial de usuarios para la banda ancha.
- **Urbano con densidad de tráfico moderada**, en el que se encuentran las cabeceras municipales. Son aquellos municipios con más población urbana que rural y que demandan servicios de menor velocidad, por lo que se consideran comercialmente de menor importancia.
- **Rurales periféricos y alejados de la ciudad** son las dos últimas clasificaciones, en las que se encuentran los municipios con más población rural que urbana.

Servicios a ofertar por ETECSA en el período del 2015 al 2020

En las tablas 1 y 2 se presenta la propuesta de los servicios que ETECSA pudiera ofertar tanto para la red fija como para la móvil en el período del 2015 al 2020, agrupados por la velocidad mínima requerida. Algunos de ellos se contemplan en el plan de desarrollo de ETECSA y otros se han incluido por su importancia para el desarrollo económico, político y social del país.

Hay que destacar que a partir de la demanda de diferentes sectores de la población en los distintos escenarios propuestos, ETECSA deberá seguir una estrategia de comercialización regida por la conformación de paquetes de servicios, teniendo en cuenta la velocidad mínima. El número de servicios contratados por los usuarios, así como la velocidad de conexión y los MB disponibles para descarga determinarán el precio del paquete.

Además, es necesario resaltar que la oferta de los servicios de banda ancha deberá realizarse donde exista disponibilidad tecnológica para soportar los anchos de banda requeridos. Para ello, los servicios de banda ancha que el usuario podrá contratar dependen de la zona donde resida o trabaje y de los terminales que posea. Por ejemplo, los paquetes de servicios para la red fija de 50 Mbps podrán ser ofertados únicamente en los territorios donde haya despliegue de soluciones de fibra óptica como FTTH (Fibra hasta el hogar) y FTTB (Fibra hasta el edificio), o podrán ser ofertados con VDSL2 Vectoring si la calidad del par de cobre lo permite y el cliente se encuentra cercano a la central. En la red móvil el usuario podrá acceder a los servicios contratados si posee el terminal adecuado y se encuentra en la zona de cobertura de la tecnología que provea la velocidad requerida.

Tabla 1: Servicios de banda ancha fija

Servicios	Velocidad mínima
Navegación Web, correo electrónico, redes sociales, descarga de audio y video de baja calidad, video llamadas.	256 kbps
Las aplicaciones anteriores, descarga de <i>e-Books</i> , audio y video de mejor calidad, juegos en línea de baja definición, VoIP, audio en tiempo real (<i>streaming</i>).	512 kbps
Las aplicaciones anteriores, juegos en línea.	1 Mbps
Las aplicaciones anteriores, video en tiempo real, videoconferencia básica, e-comercio, música de alta definición, e-gobierno, e-salud y e-educación.	2 Mbps
Las aplicaciones anteriores, IPTV de alta definición, juegos en línea avanzados, video venta, video asesoramiento, intercambio de archivos de gran volumen, videoconferencias de alta definición.	10 Mbps
Las aplicaciones anteriores, juegos en línea avanzados sin interrupciones.	20 Mbps
Las aplicaciones anteriores, video en tiempo real en 3D, juegos en 3D, reuniones virtuales, teletrabajo virtual, telemedicina, manejo remoto.	50 Mbps

Tabla 2: Servicios de banda ancha móvil

Servicios	Velocidad mínima
Correo electrónico, navegación Web limitada, redes sociales, video llamada.	256 kbps
Las aplicaciones anteriores con navegación Web a mayor velocidad, descarga de <i>e-Books</i> , audio y video, juegos en línea básicos, VoIP, audio en tiempo real.	512 kbps
Las aplicaciones anteriores, videoconferencia básica, compartición de archivos de gran tamaño, m-comercio, <i>m-banking</i> , video en tiempo real (<i>streaming</i>) y música de alta definición.	2 Mbps
Las aplicaciones anteriores, HDTV, IPTV, tele presencia, juegos en línea avanzados.	10 Mbps

Propuesta para la introducción de la banda ancha en Cuba

La mayoría de las redes fijas y móviles de ETECSA no están preparadas para la introducción de los servicios de banda ancha. Para resolver lo anterior se considera necesario plantearse una serie de pasos condicionados, entre otros factores, por la inversión requerida y la real demanda de los usuarios finales. Los pasos generales que se consideran imprescindibles para la evolución de la red de ETECSA, con el objetivo de soportar los servicios de banda ancha, son:

- 1- Clasificar, en cada provincia del país, por las direcciones territoriales de ETECSA, los escenarios existentes acorde a la definición realizada en este trabajo (escenarios urbanos con alto tráfico o

con tráfico moderado, escenarios rurales periféricos a las ciudades o alejados de estas). Hay que tener en cuenta que aunque existan municipios predominantemente urbanos o rurales, en todos, excepto en los de La Habana, existen áreas con ambas clasificaciones, por lo que se requiere un estudio exhaustivo para identificar realmente dónde se concentra el alto potencial de usuarios que requiera el despliegue de los servicios de banda ancha.

- 2- Precisar en cada uno de los escenarios identificados los recursos tecnológicos presentes y las limitaciones de las redes fijas y móviles para ofrecer servicios de banda ancha (análisis del grado de obsolescencia).
- 3- Realizar un estudio de mercado para determinar los servicios de banda ancha que los usuarios realmente demanden en cada territorio.
- 4- Determinar qué tecnologías de banda ancha son las más factibles a desplegar para ofrecer los servicios demandados, teniendo en cuenta las características de cada escenario.
- 5- Realizar pruebas pilotos en escenarios de referencia para validar la propuesta.
- 6- Instalar la infraestructura necesaria. Pueden tercerizarse las obras civiles y la instalación de equipos para suplir el déficit de personal y de recursos de la empresa. También pueden realizarse alianzas con empresas existentes en el país, por ejemplo con Tele Cable, lo que posibilitará un despliegue más rápido y exitoso de la banda ancha, sobre todo en las zonas hoteleras en donde dicha empresa tiene presencia.

A continuación se realizan propuestas de tecnologías de acceso de banda ancha para cada uno de los escenarios que se han considerado, lo que apoyará la realización del cuarto punto planteado.

Escenarios urbanos con alta densidad de tráfico.

Es importante precisar que tanto en los municipios de La Habana, como en las cabeceras provinciales, Cárdenas y Trinidad, territorios considerados de alta densidad de tráfico, existen dos áreas que deben ser analizadas de manera diferente: una donde se concentran empresas, hoteles, centros de negocios y residencias donde se demandan servicios de gran capacidad de transmisión de datos y, por tanto, representan un gran potencial para el despliegue de la banda ancha; y otra, en la que se encuentran los territorios no comprendidos en la clasificación anterior que, aunque presentan alta densidad poblacional, no demandan los mismos recursos considerándose un área de menor importancia comercial. En este último caso se consideró que el análisis debe ser similar al del escenario urbano con densidad de tráfico moderada.

Para las áreas que en este escenario representan un alto potencial de usuarios para la banda ancha, se propone para la evolución de la red fija a la banda ancha:

- Determinar la calidad del par de cobre e identificar dónde existen fibras ópticas oscuras.
- Aprovechar las fibras oscuras existentes para la implementación de soluciones del tipo FTTN (Fiber to the Node) y FTTC (Fiber to the Corner) para los hogares que demanden servicios de gran capacidad de transmisión de datos; FTTB para empresas, hoteles y centros de negocio; y FTTH, donde se justifique la inversión, empleando en todos los casos tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network), debido a las altas velocidades que permite, al ahorro de energía que

proveen sus elementos pasivos y las extensas áreas que cubre (20 km), lo que permitiría eliminar centrales obsoletas.

Además se debe considerar en una segunda fase, a partir de la demanda de ancho de banda que se prevé en un futuro, ampliar la velocidad de transmisión a 10 Gbps empleando 10 GPON. Esto solo conllevará cambios en el OLT (Optical Line Termination) y no requerirá actualizar el resto de la red.

- Colocar el OLT en la central telefónica, ubicación que posibilita una mejor cobertura, operación, mantenimiento y utilización de los recursos (conectores, cables de fibra óptica, ductos y alimentación, entre otros). Asimismo, en la primera fase de despliegue se recomienda el uso de dos niveles de splitters en vez de uno solo, pues ello reduce los costos de instalación debido al ahorro de fibra óptica y es ideal para zonas con alta demanda de servicios. El splitter de primer nivel debe colocarse en la central telefónica, lo cual flexibiliza el tendido y facilita el mantenimiento de la fibra; mientras que se propone que el de segundo nivel se ubique en el área de los gabinetes, para reducir los costos de implementación.

Hay que tener en cuenta que la cantidad de divisiones que se realicen deben estar pensadas para brindar solución GPON a un número definido de usuarios con una velocidad determinada, pues a una mayor ramificación, menor será la tasa de datos de transmisión que se podrá ofertar. Por ejemplo, con dos niveles de splitters de 1:4 se pueden brindar 156 Mbps por cliente, mientras que con dos niveles de 1:8, solamente se pueden alcanzar 39 Mbps por usuario.

Debido a la distancia que permite la tecnología GPON, se debe emplear fibra óptica de tipo monomodo que cumpla con el estándar G.652.D [2], el cual permite trabajar en el rango de 1310 nm a 1625 nm, pudiéndose utilizar las ventanas 1310 nm para el canal de subida, 1490 nm para el de bajada y 1550 nm para la transmisión de televisión por cable (CATV). Para esto se requiere la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), que garantiza la transmisión de varias longitudes de onda sobre una misma fibra.

- Determinar en cada solución, exceptuando, por supuesto, a FTTH, la tecnología a emplear en la última milla, o sea, del MDU (Multi-Dwelling Unit) hasta el usuario final. Si el par de cobre se encuentra en buen estado, se podrán desplegar soluciones que lo reutilicen como ADSL2+ hasta una distancia de 1km, para impedir que se degraden las velocidades; mientras que VDSL y VDSL2, se emplearán en soluciones del tipo FTTH, pues aunque brindan una mayor velocidad que ADSL2+, estas tecnologías se ven mucho más afectadas por la distancia. Si por el contrario, el par de cobre no se encuentra en buen estado, se debe evaluar su sustitución o el empleo de otra tecnología de última milla, como por ejemplo, una solución inalámbrica.
- Instalar fibras ópticas de ser necesarias para el despliegue de servicios que demanden altas velocidades. Esta instalación se debe realizar de forma gradual, a partir de la recuperación de la inversión y el aumento de la demanda de servicios.

En la figura 1 se muestra la solución propuesta para el escenario urbano con alta densidad de tráfico y gran potencial de usuarios para la banda ancha, en la cual se resalta, de manera general, la interconexión de la red de acceso a diferentes puntos de acceso al servicio (PoP).

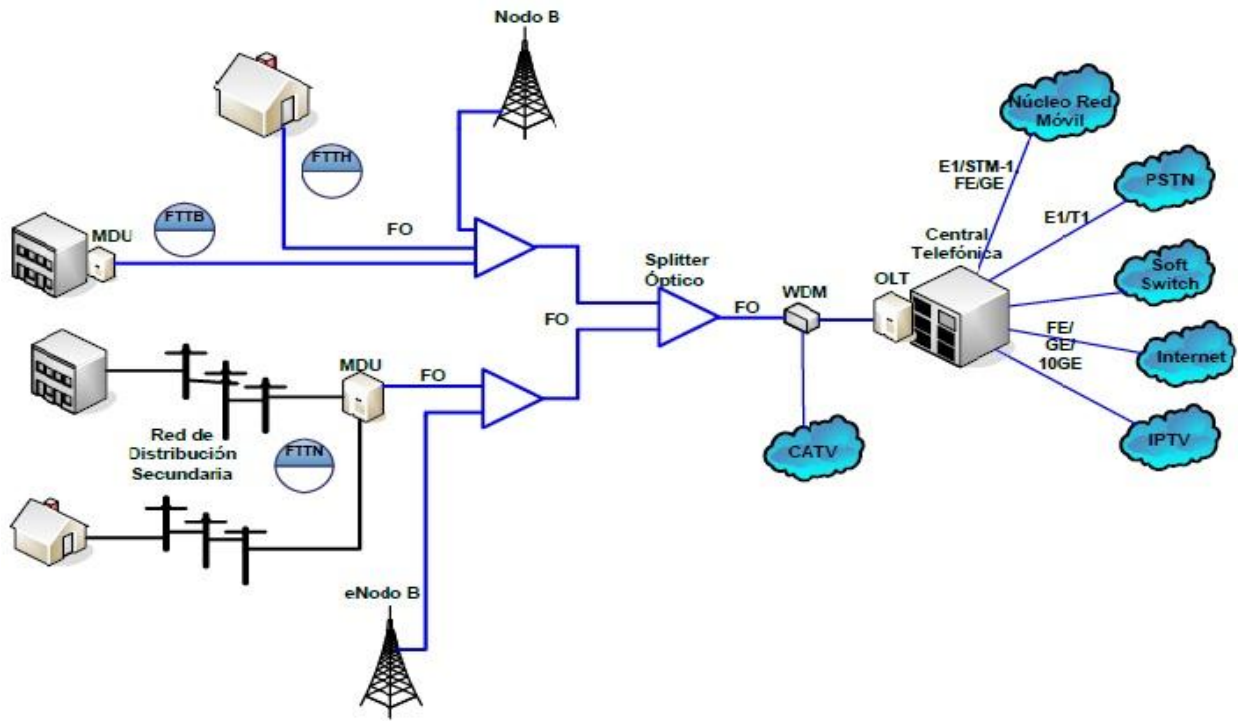


Figura 1: Solución tecnológica para la red fija en el escenario urbano con alto tráfico

Para la evolución de la red móvil a una red que provea altas velocidades y permita el despliegue de los servicios de banda ancha anteriormente descritos, hay que tener en cuenta, como punto de partida, la situación económica del país y el estado tecnológico del escenario; asimismo, es muy importante considerar la penetración de los terminales, pues en el 2014 la mayoría de los celulares en el país eran 2G, solo un 10% 3G y los 4G eran prácticamente inexistentes. A partir de la explicación anterior, se proponen dos fases:

- Primera Fase (Mejorar y densificar las macro celdas)
 - Mantener las estaciones base con tecnología EDGE (Enhanced Data Rates GSM of Evolution) en la banda de 900 MHz para los servicios de voz, debido a la baja penetración de teléfonos inteligentes que existe actualmente en el país.
 - Continuar la instalación de radio bases 3G en las bandas de 900 MHz y 2100 MHz para voz y datos, con tecnologías como HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) que provee hasta 28 Mbps de descarga y 11,5 Mbps de subida; y HSPA+ MIMO (Multiple Input, Multiple Output), que provee un aumento significativo en la tasa de transmisión de datos con un máximo de 42 Mbps de descarga y 11,5 Mbps de subida, debido al aumento de la eficiencia espectral a partir del

empleo de varios canales de radio con el arreglo de múltiples antenas. Las BTS (Base Transceiver Station) con dicha tecnología son imprescindibles para brindar servicios de banda ancha, sobre todo aquellas aplicaciones que requieren rápidos tiempos de respuesta como las videoconferencias y los juegos en línea.

- Comenzar la introducción paulatina de LTE (Long Term Evolution) para los servicios de datos en las zonas de alta concentración de tráfico donde las radio bases 3G estén saturadas, fundamentalmente en los lugares donde se demanden los servicios con mayor ancho de banda tales como HDTV (High Definition Television), IPTV (Internet Protocol for Television) y juegos en línea avanzados. En etapas posteriores de evolución de la red, se deben analizar los beneficios de VoLTE (Voice over LTE), la cual aún no ha alcanzado madurez, siendo solo 14 operadores en 7 países los que cuentan con esta tecnología [3].

Para el despliegue de LTE, dado que es basada completamente en conmutación de paquetes, se requieren cambios en los nodos de conmutación y, en general, en todas las capas de la red. Específicamente, debe garantizarse un backhaul IP de fibra óptica o de microondas dimensionado en función de la cantidad de usuarios concurrentes en una celda determinada y de la calidad de experiencia deseada. También hay que tener en cuenta que la arquitectura LTE es más simplificada que la de las tecnologías predecesoras, ya que las estaciones base integran todas las funcionalidades de la red de acceso y presentan interfaces para la comunicación con los usuarios, con la red troncal y con otras estaciones base.

Es importante destacar que en las redes 4G se necesita una nueva tarjeta SIM (U-SIM) para la identificación de los suscriptores, debido a que la actual tarjeta SIM no es compatible con LTE. Para los usuarios que continúen con tarjeta SIM, el tráfico de datos continuará a través de la red de conmutación de paquetes 3G con los nodos SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Se recomienda el modo de operación FDD (Dúplex por División de Frecuencia) con un ancho de banda para cada canal de 20 MHz, lo que permite aumentar la capacidad de transmisión de datos con respecto al modo TDD (Dúplex por División de Tiempo), ya que se utilizan canales independientes de descarga y de subida y, por tanto, se puede transmitir y recibir simultáneamente. Además, la sincronización es menos compleja en FDD que en TDD.

Otro aspecto a considerar es el empleo de técnicas MIMO, por ejemplo el modo 2 x 2 (dos antenas transmisoras y dos receptoras), para aumentar la eficiencia espectral y con ello reducir la tasa de errores, e incrementar la velocidad de transferencia de datos hasta 150 Mbps en el enlace descendente y 75 Mbps en el ascendente, con un ancho de banda de 20 MHz.

Para el despliegue de las anteriores tecnologías existen dos posibilidades: la primera es que cada radio base se utilice para el despliegue de un único estándar (2G, 3G o 4G), lo que desaprovecha el espacio físico que se requiere para instalarlas y a veces el crecimiento necesario de radio bases se ve limitado por regulaciones urbanísticas; la segunda alternativa, que es la más adecuada y que se propone en estos escenarios, es la instalación de RRU (Unidades de Radio Remotas), que se basan en la plataforma Radio Definido por Software (Software Defined Radio: SDR: por sus siglas en inglés) para soportar múltiples

frecuencias y tecnologías en un mismo radio lo que reduce el CAPEX; sin embargo, esto disminuye la potencia de transmisión que se le puede asignar a cada una de las portadoras, por lo que se necesita dimensionar la red de manera cuidadosa. Por tanto, se considera factible instalar nuevas radio bases que sean independientes de la tecnología, o sea, RRU que soporten 2G/3G/4G/Wi-Fi y su configuración dependerá de la penetración de terminales de cada tecnología.

Además, es muy importante tener en cuenta que el ancho de banda de las tecnologías 3G y 4G es compartido por los usuarios conectados a una radio base de manera simultánea, y que la calidad de la conexión depende tanto de las interferencias como de la distancia del terminal a la estación base. Por lo anterior, es necesario realizar el diseño y el dimensionamiento de la red teniendo en cuenta la banda de frecuencia en la que se va a operar, el número de usuarios concurrentes en cada celda y el ancho de banda requerido por los servicios que se van a utilizar. También hay que mencionar que en este tipo de escenario de alta densidad de tráfico es necesaria la densificación de la red con el objetivo de cubrir la demanda, o sea, aumentar el número de macro celdas en ubicaciones estratégicas, pudiendo llegar a ser la distancia entre sitios (entre estaciones base) de aproximadamente 100 m.

➤ Segunda Fase (Complementar las macro celdas)

Mejorar la capacidad de las macro celdas (velocidad de descarga y de subida) y densificarlas, no se considera suficiente para este escenario donde el tráfico se prevé que aumente vertiginosamente con la oferta de nuevos servicios. Además, en un diseño de las redes donde se requiere alto tráfico, aumentar el número de macro nodos pudiera verse limitado por una alta interferencia entre celdas, por un CAPEX muy elevado y por problemas urbanísticos. Por lo anterior se propone:

Complementar las macro celdas con nodos de baja potencia (pico, micro celdas y Wi-Fi), formando de esta forma una red heterogénea. Dicha solución permitirá incrementar la capacidad de la red, cubrir los huecos de cobertura y mejorar considerablemente la experiencia de los usuarios. Estos nodos de baja potencia podrán ser utilizados por un número importante de HotSpots que realizarán la descarga de datos móviles a través de ellos, reduciéndose así la congestión en los macro nodos y, consecuentemente, evitándose el deterioro de la prestación de servicios de voz.

Se recomienda el uso de micro celdas para proveer cobertura y capacidad adicional en los lugares públicos abiertos donde hay gran número de usuarios; las pico celdas en el interior de los edificios donde la señal que se recibe de las macro celdas es pobre; y la implementación de HotSpot 2.0, para el Wi-Fi offload y roaming en los lugares donde existe una alta demanda de tráfico como en aeropuertos, centros comerciales y de negocios, salas de navegación, hoteles, estadios y plazas públicas, lo que permite liberar la red celular y descargar los datos a través de esta red WLAN.

Es necesario resaltar además que, a diferencia de la banda de frecuencias de 2,4 GHz, que tiene 14 canales y de ellos solo tres no se superponen, la banda de 5 GHz presenta 22 canales, los cuales no se superponen entre sí y pueden ser combinados para obtener mayores velocidades. Por lo anterior, debe liberarse la banda de frecuencias de 5 GHz para los sistemas Wi-Fi, y esta debe trabajar de conjunto con la banda de 2,4 GHz para evitar la saturación y obtener un alto nivel de flexibilidad y rendimiento en las redes WLAN.

En las redes heterogéneas es necesario asegurar la coexistencia de las estaciones base de cada tecnología para garantizar, por ejemplo, que un usuario que se encuentra en el borde del área de

cobertura de una red LTE, pueda mantener el servicio utilizando otro tipo de red, lo que es posible gracias a que los terminales 4G soportan el funcionamiento en las tecnologías predecesoras.

En la figura 2 se muestra cómo pueden coexistir las tecnologías en el núcleo de LTE (EPC) para el tráfico de datos, y realizar, de manera integrada, autenticación y facturación, así como acceso a los servidores de aplicaciones y movilidad (handover) entre ellas. Además, se resalta en rojo el tráfico de datos de los usuarios. Se considera confiable a la red Wi-Fi, controlada por ETECSA como único operador móvil en el país. Las interfaces propuestas para la integración en el EPC se encuentran estandarizadas en 3GPP TS 23.401, TS 23.402 y TS 32.240 [4,5,6].

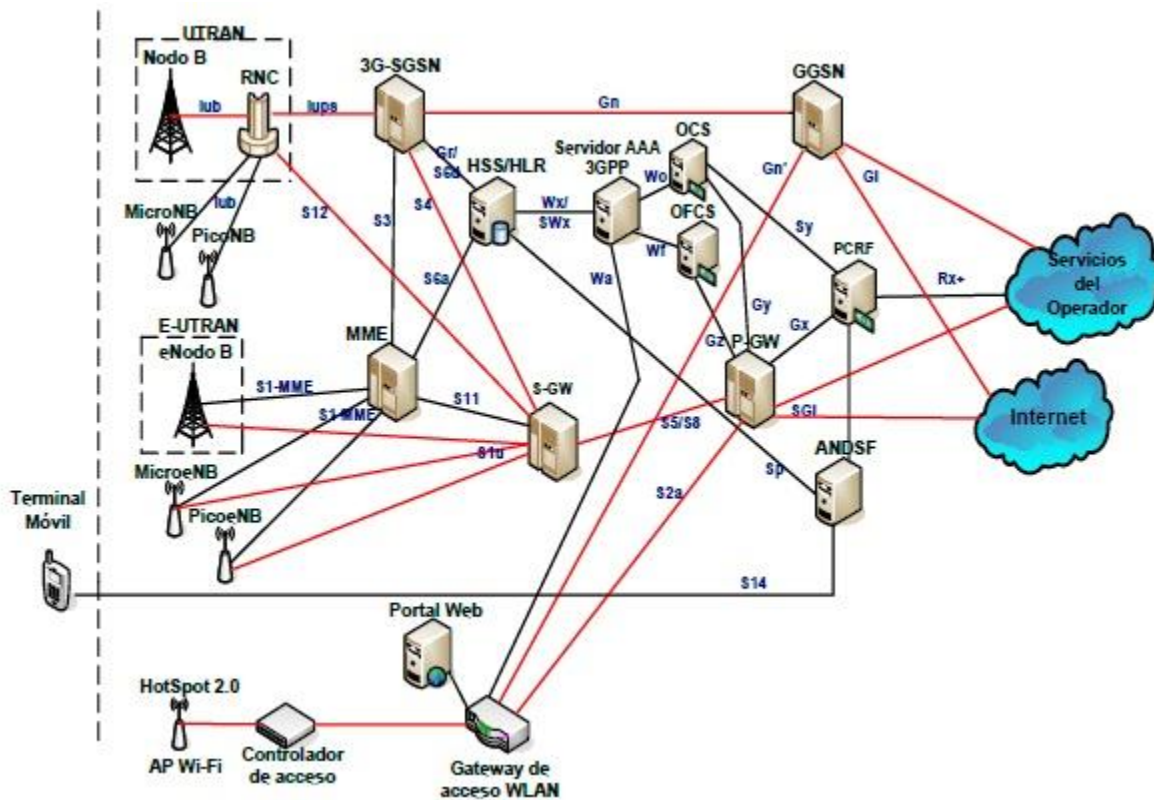


Figura 2: Coexistencia de tecnologías de acceso celular en el núcleo EPC

Es importante destacar que la autenticación y facturación comunes de los usuarios en todas las redes es de gran comodidad, pues para acceder a una red Wi-Fi determinada no tienen que adquirir nuevas credenciales ni pagar de forma independiente, pudiendo utilizar para ello la tarjeta SIM o U-SIM empleando los métodos de autenticación EAP-SIM (Extensible Authentication Protocol- Subscriber Identity Module: por sus siglas en inglés) o EAP-AKA (Extensible Authentication Protocol- Authentication and Key Agreement: por sus siglas en inglés) respectivamente, para que este proceso sea totalmente transparente al usuario, y el descuento se realice del saldo celular que posee. En el caso de que los AP Wi-Fi o los terminales móviles no soporten EAP, debe existir un portal Web como método alternativo para la autenticación, a través del cual el usuario introduzca su número de teléfono móvil (Mobile

Subscribir ISDN Number: MSISDN: por sus siglas en inglés), el que es enviado al servidor AAA. El AP debe soportar cifrado WPA2 para la seguridad.

Para detectar y seleccionar de manera inteligente la red se propone el empleo del servidor ANDSF, elemento fundamental para la integración, pues a partir de las políticas de selección establecidas por el operador, basadas en diferentes parámetros tales como el horario del día, el nivel de suscripción y los tipos de servicios, el terminal del usuario puede asociarse a una red Wi-Fi o a una red 3GPP de manera segura, sencilla y sin fisuras. ANDSF es de vital importancia para los operadores, pues les permite un mayor control sobre la red a utilizar por los usuarios. Además, el intercambio de información entre los dispositivos móviles y el servidor permite que la red tenga un conocimiento preciso sobre la ubicación del usuario.

Escenarios urbanos con densidad de tráfico moderada.

Para estos escenarios, caracterizados por una densidad poblacional inferior que los escenarios antes analizados y por una demanda de servicios de banda ancha de menor velocidad, como es el caso de las cabeceras municipales, se realizan las siguientes propuestas de soluciones tecnológicas para la red de acceso fija:

- Determinar en el escenario la calidad del par de cobre, o sea, si este cumple los requerimientos técnicos necesarios para la banda ancha.
- Determinar cuántas redes de acceso de cobre son rígidas y cuántas son flexibles, y elaborar un plan para la sustitución gradual de las redes rígidas con derivaciones multipar por redes flexibles que faciliten la evolución a la banda ancha, siempre que el par de cobre se encuentre en buen estado.
- Localizar los DSLAM y MSAN ya instalados, y reubicar los que no cumplan con los requerimientos de la distancia. Hay que tener en cuenta que el par de cobre se instala dependiendo de las características del terreno y en la práctica, típicamente, la distancia del gabinete al usuario final es un 50 % menor que la distancia recorrida por el cable.
- Completar, con tarjetas, la capacidad de los DSLAM y MSAN para lograr el despliegue de la tecnología xDSL lo más rápido posible. En caso de que no se puedan instalar más tarjetas o no existan suficientes equipos, es necesario colocar nuevos para cubrir la demanda que se estima que crezca con el tiempo y con la diversificación de los servicios.
- Desplegar tecnologías xDSL tales como ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), ADSL2, ADSL2+, VDSL y VDSL2 donde la calidad del par de cobre lo permita, en dependencia de la velocidad que demanden los servicios contratados por los usuarios y de la distancia a la que estos se encuentren del gabinete.
- Si el par trenzado no cumple las normas técnicas requeridas, se debe trazar un plan para sustituirlo, considerar interoperabilidad de ETECSA con operadores como Tele Cable con el objetivo de desplegar los servicios de banda ancha donde sea posible a través del cable coaxial, o brindar soluciones del tipo inalámbrico.
- Sustituir de manera gradual la red primaria de cobre por fibra óptica, a partir de la recuperación de las inversiones y del crecimiento de la demanda de servicios.

En la figura 3 se muestra la solución propuesta para este escenario, evidenciándose no solo la capa de acceso, sino también capas superiores: agregación, borde y transporte. El DSLAM se conecta a la red Metro Ethernet a través del *Switch Feeder* capa 2, y dicha red se conecta al PoP de Servicio a través del *Switch Metro*, también capa 2. El router de borde PE (*Provider Edge*) garantiza la LAN interna en el punto de acceso al servicio y se conecta al backbone IP/MPLS a través de dos routers P para la redundancia.

Para el caso de la red de acceso móvil, se propone llevar a cabo las siguientes acciones:

- Sustituir las BTS que se encuentren obsoletas sin soporte de la tecnología EDGE.
- Desplegar radio bases 3G con tecnología HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access), para el tráfico de voz y datos, para brindar servicios como navegación Web, compartición de archivos, audio y video en tiempo real y juegos en línea básicos. En las zonas donde no exista cobertura 3G se ofertarán los servicios de datos que la tecnología EDGE soporte.
- Desplegar puntos de acceso público Wi-Fi en parques, espacios expositivos y de negocios, para liberar la red celular descargando el tráfico a través de la red WLAN, evitando así la congestión de la red 3G y mejorando considerablemente la experiencia del usuario final. Para ello, debe integrarse la red 3G y la Wi-Fi conformando una red heterogénea, que permita al usuario realizar, de manera común, la autenticación, la facturación y el acceso a los servicios.

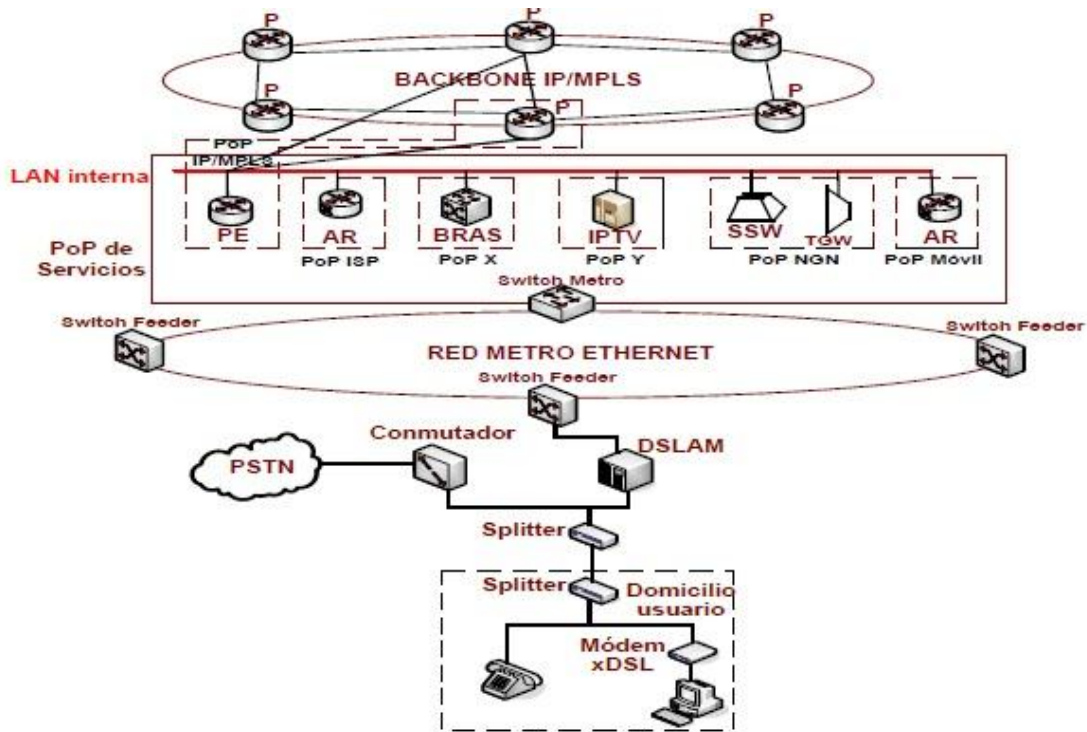


Figura 3: Solución red fija para escenarios urbanos con densidad de tráfico moderada

Escenario rural periférico a la ciudad

Para la red fija se proponen las siguientes acciones:

- Determinar en el área la calidad del par de cobre, o sea, si cumple los requerimientos técnicos necesarios.
- Determinar cuántas redes de acceso de cobre son rígidas y cuántas son flexibles, y elaborar un plan para la sustitución gradual de las redes rígidas con derivaciones multipar hacia redes flexibles que faciliten la evolución de la banda ancha, siempre que el par de cobre se encuentre en buen estado.
- Incrementar el número de líneas fijas, para poder ofrecer a un número mayor de personas los servicios de banda ancha empleando la tecnología xDSL.
- Localizar dónde se encuentran los DSLAM y MSAN existentes, y en caso que no cumplan con la distancia requerida, reubicarlos.
- Instalar un mayor número de DSLAM y MSAN si no existen los suficientes para cubrir la demanda que se estima que crezca con el tiempo, con la diversificación de los servicios y con el incremento de las líneas fijas.
- Desplegar las tecnologías xDSL tales como ADSL, ADSL2, ADSL2+ donde la calidad del par de cobre lo permita, en dependencia de la velocidad que demanden los servicios que contratan los usuarios y de la distancia a la que se encuentra el cliente.
- Sustituir gradualmente la red primaria de cobre por fibra óptica (al ser este escenario periférico a la ciudad puede beneficiarse con el alcance máximo de 20 km de la tecnología GPON).

En este escenario, caracterizado por un número limitado de líneas fijas, la solución que debe predominar es la móvil, teniendo en cuenta sus menores costos de infraestructura. Los usuarios en este escenario deben tener la posibilidad de asociarse a una radio base 3G o 4G radicada en la ciudad, aunque, por supuesto, con una velocidad inferior a la alcanzada en un lugar cercano a la BS. Sin embargo, las radio bases 3G son aún escasas, y no existe actualmente ninguna radio base 4G, lo cual resulta insuficiente requiriéndose las siguientes acciones:

- Sustituir las radio bases 2G obsoletas que no soporten EDGE para ofrecer los servicios de banda ancha básicos tales como el correo electrónico sin grandes adjuntos, la video llamada y la navegación Web limitada, teniendo en cuenta la baja penetración de teléfonos inteligentes que existe actualmente.
- Instalar radio bases 3G con tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) en lugares estratégicos. Dicha tecnología permite hasta 2 Mbps con movilidad baja, por lo que se pueden brindar servicios que demanden mayor velocidad, sobre todo aquellos que permitan compartir información sobre agricultura, turismo, salud, educación y otros temas de interés para la comunidad.
- Se recomienda emplear un backhaul de microondas, por ser, para este escenario, mucho más económico y de más fácil despliegue que el backhaul dedicado de fibra óptica. Para ello, el enlace de microondas debe ser diseñado teniendo en cuenta la topografía del terreno y las condiciones climatológicas, con el objetivo de lograr la visibilidad directa que se requiere entre las antenas transmisoras y receptoras [7].

Escenario rural alejado de la ciudad

En este tipo de escenario no es factible la instalación de redes fijas, debido a la baja densidad poblacional y al difícil acceso dado por la distancia, ríos, características del terreno u obstáculos naturales que pueden existir en el terreno. Por ello, se propone para ofrecer los servicios de banda ancha, el despliegue de soluciones solo del tipo inalámbrico brindándose, en un primer momento, únicamente los servicios básicos. A partir de lo anterior se proponen las siguientes acciones:

- Continuar el despliegue de radio bases con tecnología EDGE y sustituir las radio bases 2G que se encuentren obsoletas. Esto permitirá brindar los servicios básicos de banda ancha, sobre todo para garantizar el intercambio de información con otras personas y el acceso a medios de capacitación e información referentes a la agricultura, salud, educación u otros temas de interés para la población rural. En este escenario, donde hay un número de personas considerablemente menor en comparación con el resto de los escenarios, las celdas pueden dimensionarse de mayor tamaño, pudiendo llegar los radios de cobertura hasta un máximo práctico de 35 km. Esta distancia dependerá de la potencia de transmisión de la BS y de las condiciones medioambientales:
- Considerar la instalación de nodos de baja potencia tales como las micro celdas para brindar servicios en pequeños poblados rurales, donde la cobertura macro es pobre o inexistente. Esto evita la necesidad de grandes torres para las macro celdas, y disminuye el tiempo y el costo de la instalación. Emplear un backhaul de microondas, por ser la alternativa más rentable y de más fácil despliegue en este escenario. Se recomienda que las antenas se coloquen a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el objetivo de conseguir mayores distancias y superar los posibles obstáculos del terreno.
- Instalar, en una segunda fase, a partir de la recuperación de las inversiones y del registro de terminales de mayor gama, radio bases con soporte 3G para la oferta de servicios que demanden más velocidad. Además, debe valorarse el despliegue de soluciones de acceso inalámbrico fijo, para garantizar la banda ancha en entidades públicas como escuelas y centros de salud.

Consideraciones generales

Es preciso resaltar que para brindar los servicios de banda ancha no solo se requieren cambios en las redes de acceso fijas y móviles, sino que las capas superiores deben estar dimensionadas en función de la capacidad que demandan dichos servicios.

En este sentido, para la capa de agregación se requieren redes Metro Ethernet en cada una de las provincias con anillos de una mayor capacidad de transmisión, por ejemplo, 10 Gbps. Para ello, se recomienda valorar el establecimiento de un convenio con la Unión Eléctrica, que cuenta con redes Metro Ethernet en todas las provincias del país y tiene fibras ópticas oscuras que pudieran ser utilizadas por ETECSA, lo que permitirá el despliegue de los servicios de banda ancha en el menor tiempo posible.

Los PoP físicos de la capa de borde se deben conectar, a través de una LAN interna, al PoP del Backbone IP/MPLS. Por tal motivo, los requerimientos de los servicios de banda ancha que se oferten en cada escenario tendrán un impacto directo en la conformación de estos PoP y su respectivo

dimensionamiento. Además, debe ser integrada al backbone IP/MPLS una capa con tecnología OTN (Optical Transport Network: por sus siglas en inglés), que permita la optimización de las capacidades a nivel de lambdas, pues la red DWDM que actualmente existe no garantiza la oferta masiva de los servicios de banda ancha. Asimismo, los enlaces a los servicios nacionales y al Punto de Acceso a la Red (Network Access Point: NAP: por sus siglas en inglés) deben aumentar sus capacidades para evitar los cuellos de botella.

Otro aspecto que se debe garantizar es la estabilidad eléctrica de los gabinetes, para lo que hay que provisionarlos de baterías de repuesto que permitan un aseguramiento energético eficaz. Además, se deben emplear sistemas fotovoltaicos con batería de repuesto donde las condiciones climatológicas lo permitan, sobre todo en los territorios rurales alejados de las ciudades donde es muy difícil brindar mantenimiento de otro tipo.

CONCLUSIONES.

Los servicios de banda ancha impactan fuertemente en la economía, la competitividad empresarial y la calidad de vida de la población, por lo que su despliegue es vital para el desarrollo de cualquier país. Por lo anterior, Cuba está dando los primeros pasos para la introducción de la banda ancha, siendo resultado de ello las metas que el MINCOM ha propuesto alcanzar hasta el año 2020. ETECSA, cuyas redes se pueden considerar de banda estrecha, debe lograr la evolución de sus actuales redes fijas y móviles para garantizar las velocidades mínimas requeridas por los servicios de banda ancha que se vayan a ofertar.

En este trabajo se proponen los servicios de banda ancha, agrupados por la velocidad mínima requerida, que ETECSA pudiera ofertar en el período del 2015 al 2020, los cuales abarcan las ramas del entretenimiento, la salud, la educación y el intercambio de información, y van desde servicios básicos hasta muy avanzados.

Además se proponen soluciones tecnológicas en la capa de acceso que permiten la evolución de las redes hacia la banda ancha, definiéndose cuatro escenarios: urbano con alta densidad de tráfico, urbano con densidad de tráfico moderada, rural periférico y rural alejado de la ciudad. La infraestructura de acceso que se propone emplear tiene en cuenta el desarrollo de las tecnologías de banda ancha fijas y móviles desplegadas a nivel mundial y las particularidades de cada escenario identificado.

La propuesta realizada no es estática, sino que a partir de ella se pueden realizar modificaciones que tengan en cuenta la recuperación de inversiones, las ofertas de los proveedores de tecnología regidas por la tendencia a nivel mundial y la demanda de los servicios de banda ancha, que se prevé aumente con el tiempo, dado el incremento de servicios y el acceso de la población a un número mayor de terminales, tales como computadoras y teléfonos inteligentes de media y alta gama.

REFERENCIAS.

01. UIT: "Agenda Conectar 2020", 2014, Available from: www.uit.org.
2. UIT: "Recommendation ITU-T G.652", 2009.
3. Association GSM: "VoLTE Service Description and Implementation Guidelines", 2014.
4. 3GPP: "TS 23.402. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architecture enhancements for non-3GPP accesses", 2013.
5. 3GPP: "TS 32.240. Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Charging management; Charging architecture and principles", 2010.
6. 3GPP: "TS 23.234 Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking; System description", 2012.
7. Ericsson: "Microwave towards 2020 Report", 2014.