

Una alternativa hacia las NGN en las Américas: Redes de Banda Ancha Inalámbrica

Arturo ROBLES-ROVALO*

Doctorado Conjunto en Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid -
Universidad Nacional Autónoma de México
arobles@gtic.ssr.upm.es

Sergio RAMOS

REDTEL - Asociación Española de Operadores de
Telecomunicaciones[†]
sergio.ramos@redtel.es

José Luis GÓMEZ-BARROSO

Dpto. Economía Aplicada e Hª Económica
Universidad Nacional de Educación a Distancia
jlgomez@cee.uned.es

Claudio FEIJOO

Institute for Prospective Technological Studies[†]
Directorate General - Joint Research Centre
Claudio.FEIJOO-GONZALEZ@ec.europa.eu

BIOGRAPHIES

Arturo Robles Rovalo es candidato a Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Arturo Robles posee el título de Ingeniero en Telecomunicaciones (UNAM) y un Posgrado en Gestión de Telecomunicaciones de la Escuela de Organización Industrial (EOI, Madrid).

Sergio Ramos es Adjunto a la Dirección en la Asociación Española de Operadores de Telecomunicaciones RedTel. Es Doctor Ingeniero de Telecomunicación y MBA por la Stockholm School of Economics (SSE, Riga).

Claudio Feijóo es Doctor Ingeniero de Telecomunicación y MSc por la UPM. Actualmente labora en el Institute for Prospective Technological Studies de la JRC de la Comisión Europea. El Dr. Feijóo ha participado en numerosos proyectos de investigación y desarrollo en Europa y Latinoamérica.

José Luis Gómez-Barroso es Profesor en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). José Luis es Doctor en Ciencias Económicas por la UNED, Ingeniero de Telecomunicación por la UPM y Licenciado en Derecho por la Universidad Complutense.

El grupo de investigación conjunta conformado por todos los autores ha centrado su atención en la universalización de los servicios en países desarrollados y en vías de desarrollo, el progreso de las Sociedades de la Información y el análisis tecnológico y social de las ICT emergentes.

ABSTRACT

En América Latina, al igual que en otras regiones emergentes, desde hace décadas existe una marcada brecha digital ocasionada, en parte, por la falta de conectividad (una de las componentes del llamado "acceso"). Los factores que han limitado la conectividad en estos países son diversos, pero la asequibilidad y la disponibilidad siguen siendo de gran peso. En la región, las redes inalámbricas han logrado reducir la brecha del acceso a los servicios básicos, en particular de la telefonía, logrando mejores niveles de cobertura y penetración del servicio que las históricas redes de telefonía fija. Este éxito lleva a pensar en el papel que podrían desempeñar las tecnologías inalámbricas en la extensión de servicios de comunicación más avanzados, basados en el acceso a Internet (IP), la movilidad y la banda ancha, en las distintas zonas de América Latina. Específicamente, la disponibilidad y la extensión de las Redes de Nueva Generación (NGN) en la región, aquellas capaces de llevar dichos servicios simultáneamente, dependerá en gran medida de su asequibilidad. Por ello, cualquier intento, programa o estrategia destinada al despliegue de redes de banda ancha o NGN en las Américas debe partir de la noción de los costes que esto conlleva.

Utilizando a México como país de estudio, los resultados muestran que, empleando distintas NGN inalámbricas tanto en sus versiones más convencionales (WiMAX3500MHz) como en sus modalidades más innovadoras (LTE700MHz y CDMA450), la provisión de los servicios avanzados de telecomunicaciones (telefonía fija, telefonía móvil y acceso de banda ancha) mediante NGN puede resultar asequible para los usuarios de la región e inclusive para la población de localidades hasta ahora desprovistas de cobertura.

Keywords

Next Generation Networks, wireless communications, broadband, emerging and developing countries, Latin America

INTRODUCCIÓN

La asequibilidad y la disponibilidad de servicios de telecomunicaciones, así como las habilidades y el conocimiento necesario para el aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones han generado brechas digitales tanto regionales como nacionales. Si bien en los países emergentes, la población se ve afectada por todos estos factores a la vez, la asequibilidad y la disponibilidad de una conexión a las infraestructuras continúan siendo factores relevantes (Milne, 2006; Tongia, 2007). Mientras tanto, como se puede ver en Katz (2009), en los países avanzados los factores culturales y demográficos – educación, género, edad – son los limitantes preponderantes para el uso de los servicios avanzados de telecomunicaciones.

El acceso a Redes de Nueva Generación (también conocidas como NGN, por sus siglas en inglés), es decir “aquellas capaces de ofrecer servicios diversos utilizando diferentes tecnologías de banda ancha” y que “permiten condiciones de movilidad plena” en palabras de la UIT¹, suponen una oportunidad importante para cerrar la brecha en la región. Sin embargo, la inversión necesaria para su despliegue y, consecuentemente, su asequibilidad son factores que determinarán su extensión y cobertura.

En Latinoamérica, como en la mayoría de regiones emergentes, los mayores progresos en la provisión de servicios de telecomunicaciones se han logrado gracias a la excepcional difusión de las redes inalámbricas. Considerando el éxito de las redes inalámbricas y la necesidad de encontrar soluciones tecnológicas viables para brindar la conectividad a las NGN en la región, resulta pertinente explorar los costos y la asequibilidad de las NGN para la población de las distintas zonas de Latinoamérica. Justamente ese es el principal objetivo de este artículo.

Utilizando a México como caso de estudio, se estimarán los costos de desplegar tres soluciones tecnológicas distintas en diferentes zonas (localidades) del país. La separación por “tipo de localidad” permite conocer la inversión necesaria para extender las NGN en cada caso y analizar la asequibilidad del servicio. Esta división en zonas se basa en los datos reales de población, vivienda y dispersión demográfica de México. Las características de cada una de las zonas son muy distintas y contrastantes, abarcando desde áreas urbanas densamente pobladas hasta aquellas dispersas y aisladas. Esta es la situación también en la mayoría de países latinoamericanos por lo que, la elección de México, es suficientemente representativa de lo que ocurre en toda la región.

El estudio comienza con el análisis de los avances y prestaciones que las redes inalámbricas pueden ofrecer en las regiones emergentes con especial atención al desempeño que han mostrado en Latinoamérica. Posteriormente se examina la situación de la conectividad en la región y se revisan algunas de los factores que pueden determinar la extensión de las NGN. La siguiente sección presenta los modelos seguidos para estimar el costo que conllevaría brindar la conectividad en distintas localidades mediante el tendido de una Red de Nueva Generación con las tecnologías seleccionadas: WiMAX, LTE² y CDMA450. A continuación se hace una valoración de la asequibilidad de cada una de las soluciones tecnológicas para la población de la zona. Finalmente, con los resultados obtenidos, se reflexiona sobre las posibilidades de las NGN en Latinoamérica y se resaltan los aspectos a tener en cuenta para el diseño de estrategias y políticas específicas.

LAS SOLUCIONES INALÁMBRICAS Y LAS REGIONES EMERGENTES

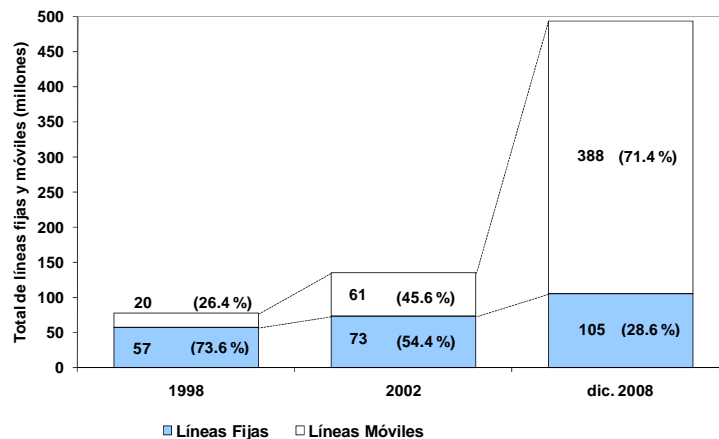
Durante la última década, la difusión de las comunicaciones móviles a nivel mundial ha sido extraordinaria tanto en los países más ricos como también en las regiones emergentes. En estas últimas su extensión ha logrado brindar conectividad a gran parte de la población previamente desprovista mostrando crecimientos exponenciales en los niveles de penetración y en la cobertura geográfica.

Específicamente, en América Latina el número de líneas de telefonía móvil superó al número de líneas fijas en el año 2001, un año antes de que tal hecho sucediera sumando todas las líneas del planeta (UIT, 2002). Ya desde 1998, las redes móviles empezaban a mostrar signos de “expansión acelerada” aunque la supremacía de la telefonía fija seguía siendo evidente. En ese año, en la región existían 56 millones de accesos fijos (74% de los accesos) contra 20 millones de líneas móviles (26%).

¹ Definición disponible en http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ngn2004/working_definition.html

² Se utiliza una red LTE operando en la banda de los 700 MHz con multiplexación W-CDMA.

Cuatro años después, en el 2002, a pesar de una sensible ralentización de los ritmos de crecimiento, el número de suscriptores móviles (el 54% de los accesos) superaba el número líneas fijas (46%) de la región iniciando así una fase de “convergencia fijo-móvil” (Robles et al, 2005). La UIT estima que a finales del 2008 existían cerca de 388 millones de suscriptores en Latinoamérica (67 líneas por cada 100 hab.), más de tres veces comparados con los aproximadamente 105 millones de líneas fijas, evidenciando una marcada fase de “sustitución fijo-móvil”.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la UIT.

Figura 1. Evolución (cantidad y proporción) de las líneas telefónicas fijas y celulares en Latinoamérica 1998, 2002 y 2008

En la región, las redes móviles han pasado, no sólo a complementar y sustituir a las redes fijas tradicionales en las zonas donde ya existía el servicio de telefonía, sino a suplir (Rodino et ál., 2003) y, en muchos casos, a brindar la primera y única conectividad en las zonas desprovistas del servicio (Banerjee y Ros, 2004). Pese a que en sus orígenes la telefonía móvil era un servicio costoso y accesorio ahora supone el principal medio de acceso a la telefonía de la población con menores ingresos³ (Lewin y Sweet, 2005). De hecho, las redes móviles han logrado en quince años mayores avances en términos de cobertura y asequibilidad del acceso, que los que han logrado las redes fijas en tres décadas (Piedras et al., 2006) inclusive con programas de extensión del servicio específicos⁴, y son, por tanto, una herramienta sumamente útil de cara a la extensión de la conectividad en la región (Mariscal et al., 2005).

Lo que resulta más relevante de las redes inalámbricas para nuestro estudio es la capacidad que podrían tener para llevar servicios avanzados a la región brindando la conectividad suficiente (Gómez-Barroso y Robles-Rovalo, 2008). Son numerosos los estudios que muestran la eficacia de las tecnologías inalámbricas para la provisión de banda ancha en regiones emergentes. Koanantakool et al (2004) proponen un programa nacional para acceso inalámbrico de banda ancha en Tailandia sugiriendo que ante la evolución de las redes móviles y la escasez de infraestructuras fijas serán la mejor solución para la provisión de los servicios avanzados. Gunasekaran (2007) propone una “estrategia inalámbrica” para ofrecer conectividad avanzada a diferentes sectores económicos de los países emergentes. Finalmente, Tanguturi y Harmantzis (2006) analizan el posible desarrollo de una migración a las redes celulares de tercera generación en la India mientras que Andrade y Conte (2006) estudian los pasos “tecnológicos” necesarios para la evolución hacia la B3G en México.

En el plano regional, también existen recomendaciones institucionales que instan al uso de las redes inalámbricas en Latinoamérica. Mahan (2005) en un estudio para el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo sugiere que las tecnologías inalámbricas son las más adecuadas para la provisión de conectividad especialmente para el caso de las zonas rurales. Por su parte, el Instituto para la Conectividad en las Américas (Heinse, 2003), aunque no se decanta por alguna tecnología específica, recomienda el uso de soluciones inalámbricas en las zonas poco pobladas de la región.

³ Como se explica en Robles et al. (2005), en los países en vías de desarrollo, el papel inicial de las comunicaciones móviles como mero complemento de la telefonía fija ha quedado atrás, y ahora son una alternativa atractiva al servicio fijo.

⁴ En América Latina, durante las décadas de los ochenta y los noventa, se reformó y liberalizó el sector de las telecomunicaciones buscando, entre otras cosas, conseguir mayor calidad y disponibilidad (Torres Medina, 2003) de los servicios básicos de telefonía. Sin embargo, a pesar de ciertos avances, el tendido de infraestructuras y, por tanto, la extensión de la conectividad no fue homogénea y se concentró primordialmente en los sectores más rentables (González et al, 1998).

CONECTIVIDAD EN LATINOAMERICA

La evolución de las redes tradicionales fijas y la creciente demanda de mejores servicios han motivado un crecimiento notable en la conectividad de banda ancha en Latinoamérica (con crecimientos del 10-20% anual). De cualquier modo, la disponibilidad de redes de alta capacidad sigue estando concentrada en las regiones urbanas dejando de lado a un gran número de zonas (localidades) con menor población. La tabla 1 muestra como, cuando se consideran los niveles de penetración de banda ancha, el problema de la disponibilidad se acentúa.

<i>Zona</i>	<i>con teléfono fijo</i>	<i>con teléfono fijo e Internet</i>	<i>con teléfono fijo, Internet y banda ancha</i>
Urbana muy densa	93.1	25.9	20.2
Urbana densa	81.9	22.8	17.8
Urbana	42.2	11.8	9.2
Suburbana	38.2	10.7	8.3
Ex rural	31.8	8.9	6.9
Rural	8.8	2.5	0.0 ^e
Rural aislada	3.6	1.0	0.0 ^e
Nacional	48.4	13.5	10.5

Fuente: elaboración propia a partir de datos de INEGI (2009a). Nota: ^e – estimados nulos dado que no presentan cobertura.

Tabla 1. Acceso a servicios de telecomunicaciones mediante redes fijas en los hogares de México 2008 (%)

Es razonable suponer que las mejoras tecnológicas de las redes fijas existentes (evolución natural de la conectividad de banda ancha y donde los reguladores están centrando su atención) ayuden a extender la conectividad gradualmente en esas zonas, sin embargo el panorama no es halagüeño cuando se observan en detalle los niveles de penetración de las líneas fijas (48.4% de los hogares).

Podría argumentarse que la penetración de líneas fijas aumentará conforme se extiendan las redes y con la demanda de conexiones de banda ancha pero la realidad es que la disponibilidad⁵ y asequibilidad de las redes fijas están limitando su adopción. De acuerdo a los datos del último reporte de Uso y Disponibilidad de Tecnologías en el Hogar (INEGI, 2009a), más de la mitad de los hogares que cuentan con una computadora (PC) y teléfono, no disponen de acceso a Internet⁶ por razones económicas (53.8%) y de disponibilidad del servicio (6%).

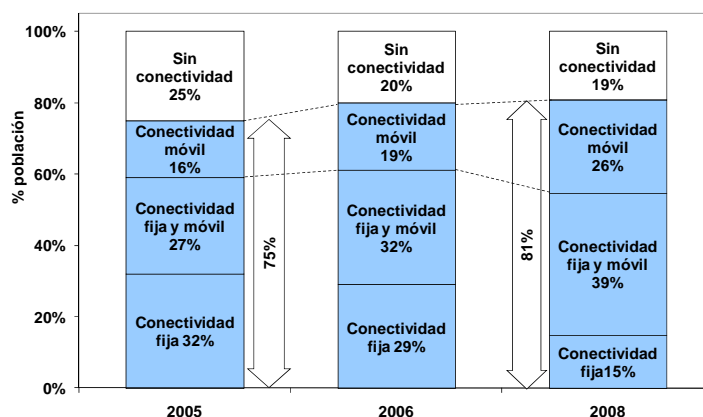
Como se comentó en el apartado anterior, en lo que se refiere a la conectividad telefónica, las redes inalámbricas han cambiado drásticamente la situación. Nuevamente, el caso mexicano (Figura 2) es representativo mostrando que, en el transcurso de tan sólo un año (2005-2006), se logró la conectividad de 5% de la población que hasta entonces estaba desprovista del acceso (Piedras, 2006). Desde entonces, según los últimos datos ofrecidos por el organismo de estadísticas nacionales (INEGI, 2009a), si bien el porcentaje de hogares sin conectividad no ha disminuido sensiblemente, el número de hogares conectados exclusivamente por redes móviles ha aumentado considerablemente (26% de los hogares).

Las inversiones necesarias para llevar las redes fijas hasta estas regiones y la asequibilidad del servicio han sido fuertes determinantes de este crecimiento de la conectividad móvil. Por todo ello, en opinión de los autores, la decisión de utilizar cada una de las tecnologías para la provisión del acceso no debe estar basada meramente en aspectos tecnológicos sino que es

⁵ Como se puede observar en la Tabla 1, en las zonas con menor población y aislamiento geográfico no está disponible el servicio de banda ancha (no se consideran los servicios satelitales). Gran parte de las redes de telefonía fija de dichas regiones aún no están adaptadas para proveer el servicio.

⁶ Los datos oficiales (COFETEL) y de organismos independientes (Asociación de usuarios AMIPCI) resaltan que, para el 2008, el servicio provisto de acceso a Internet para los hogares es fundamentalmente de banda ancha (93% de las conexiones): ADSL, Cable e ISDN.

indispensable considerar los costos de despliegue y su asequibilidad para la población de la zona antes de preparar cualquier política o estrategia dirigida a impulsar las NGN.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Piedras (2006) e INEGI (2009a).

Figura 2. Conectividad en hogares por tipo de acceso 2005, 2006 y 2008 (México)

VIABILIDAD DE LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN (NGN) EN LATINOAMÉRICA

Las estimaciones del costo y de la asequibilidad de la provisión de conectividad mediante NGN se realizan bajo las siguientes consideraciones.

Parámetros técnicos de las redes

Las redes inalámbricas seleccionadas se han planificado y dimensionado siguiendo y adaptando las metodologías propuestas por: el WIMAX FORUM⁷ para la tecnología WiMAX; la asociación 3G Americas⁸ y el Reporte para servicios futuros de comunicaciones móviles del IPTS (2005) para la solución LTE; y finalmente, el grupo CDMA Development Group y el modelo Ericsson para la red CDMA450.

WiMAX		LTE		CDMA450	
Equipo	Parámetros de red	Equipo	Parámetros de red	Equipo	Parámetros de red
Banda de frecuencia (MHz)	3,500	Banda de frecuencia (MHz)	700/800 multimodo	Banda de frecuencia (MHz)	450
Ancho del canal	10 Mhz	Ancho del canal	2.5 Mhz x 2 canales x sector	Ancho del canal	1.23 Mhz x 2 canales x sector
Caudal por canal	800 kbps	Caudal por canal	1400 kbps	Caudal por canal	500 kbps / 60 llamadas
BS	3 / 4 / 6 canales	LTE BS *	3 sectores x 2 bandas	RBS	3 sectores
-	-	LTE TRx	max 6 TRx x sector x BS	TRx	max 6 TRx x sector; BS

Tabla 2. Parámetros técnicos de las NGN propuestas

⁷ El modelo propuesto por el WiMAX FORUM (2005) para “Fixed Wireless Access in Emerging Markets” se ha utilizado para todas las consideraciones del caso de la tecnología WiMAX.

⁸ La Asociación 3G Americas es la sección del 3GSM para Latinoamérica. <http://www.3gamericas.org>

Modelo Geográfico

Se ha considerado el total del territorio habitado en México. Las localidades del país se han agrupado en siete grupos o tipos de localidades. La clasificación (misma que se ha utilizado en la Tabla 1) se ha realizado basada en datos estadísticos reales: densidad de población, densidad de hogares, dispersión geográfica y aislamiento.

<i>Tipo</i>	<i>Densidad poblacional (hab/km²)</i>	<i>Densidad de hogares (H/km²)*</i>	<i>Tamaño localidad (km²)**</i>	<i>Población que vive en el tipo loc. (%)</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Población que vive en la clasif.</i>
Urbana muy densa	12,000	2,850	175	26.4		
Urbana densa	6,000	1,450	175	21.0	Urbana	59.1
Urbana	1,000	230	125	11.7		
Suburbana	250	57	125	1.9		
Ex rural	125	28	80	13.7	Suburbana	15,6
Rural	30	5	25	8.2		
Rural aislada	12	3	25	17.2	Rural	25.4

* Calculados con los datos reales de número de viviendas en cada tipo de zona, México (INEGI, 2005)

** Valores propuestos por el IPTS (2005) y adaptados de la base de datos SIMBAD

Fuente: Elaboración propia con datos de la Base de Datos Municipal SIMBAD (INEGI)

Tabla 3. Características por tipo de localidad.

Cada uno de los grupos tiene características muy distintas, descritas en detalle en Robles et al (2006), que abarcan desde las zonas urbanas muy densamente pobladas hasta las zonas rurales aisladas sin servicio eléctrico masificado (Tabla 3). La extensión territorial que abarca cada uno de los grupos de localidades se muestra en la Tabla 4.

Población Total 2009 (hab.)	106,700,000
Hogares habitados	24,006,400
<i>Tamaño de la superficie (km²)</i>	
Nacional	1,965,000
Urbana muy densa	2,356
Urbana densa	3,746
Urbana	12,537
Suburbana	7,629
Ex rural	107,792
Rural	322,874
Rural aislada	1,408,249

Fuente: Preparación propia basada en datos del II Censo de Población y Vivienda y la Numeralia 2009, INEGI (2005 y 2009b)

Tabla 4. Parámetros técnicos de las NGN propuestas

Condiciones de los usuarios

Sin restar importancia a la necesidad de estudios más detallados sobre la demanda futura, y con el objetivo de obtener algunas estimaciones de costos homogéneas y que permitan ser comparadas, se considera que aproximadamente uno de cada cuatro habitantes requiere de conectividad y que el comportamiento es similar en todos los *grupos*. Esta hipótesis es equivalente a suponer la provisión de un acceso por cada hogar (24 millones), lo que equivale a 22.1 conexiones por habitante. La cifra resulta razonable si se toma en cuenta que las NGN brindarán todos los servicios de telecomunicaciones a la vez – telefonía fija, telefonía móvil, acceso de banda ancha, datos móviles –.

En el ámbito socioeconómico, se considera que los hogares se pueden clasificar en cinco estratos. La división se realiza en función de los ingresos mensuales propios de Latinoamérica estimados por la Economist Intelligence Unit (EIU) y el Banco Santander (Economist, 2007).

<i>Ingresos mensuales por hogar (USD)</i>	
Estrato A	< 1,600
Estrato B	1,400
Estrato C	1,050
Estrato D	650
Estrato E	> 390

Fuente: Elaboración propia adaptada de Economist (2007).

Tabla 5. Ingresos mensuales por hogar en Latinoamérica.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las primeras estimaciones realizadas consisten en determinar el costo en el corto plazo que supondría el llegar a cada uno de los usuarios considerando las inversiones iniciales (Harno et al, 2006) cubriendo el equipo de red, el tendido de las infraestructuras, el equipo de usuario, equipos generadores de energía (cuando no se dispone de toma de energía eléctrica) y la preparación para su funcionamiento.

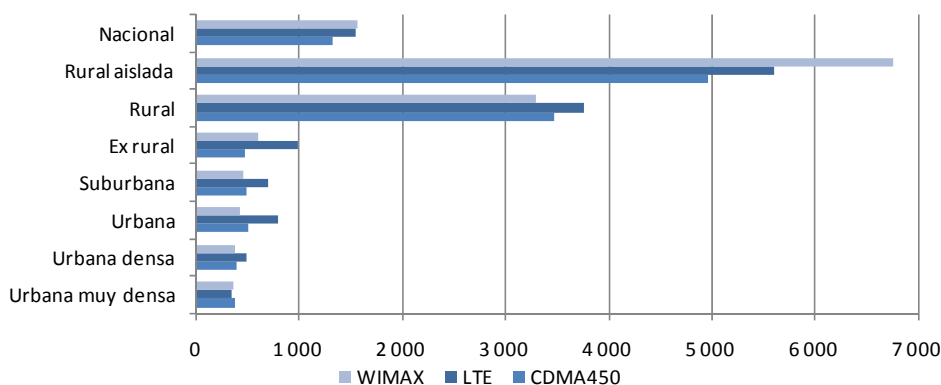


Figura 3 Costo inicial estimado por usuario de una red NGN inalámbrica utilizando tres tecnologías distintas: WiMAX, LTE y CDMA450. Cifras en USD.

Por su parte, para la estimación de los costos a medio plazo, se toman en cuenta los costos operativos (ventas, marketing, sistemas de gestión de clientes, etc.), la renovación de equipo y los costos de mantenimiento (licencias, outsourcing) necesarios para la continuidad del servicio. Se considerado un periodo de 7 años, tiempo típicamente propuesto para la recuperación de la inversión en las redes inalámbricas (Welling, 2003; Olsen, 2006).

	WiMAX (USD)	LTE (USD)	CDMA450 (USD)
Urbana muy densa	11	13	14
Urbana densa	11	16	14
Urbana	12	23	17
Suburbana	13	21	16
Ex rural	16	27	16
Rural	71	81	75
Rural aislada	143	118	104
Promedio (nac.)	36	37	33

Tabla 6 Costo mensual estimado en el medio plazo (7 años) de una NGN inalámbrica utilizando tres tecnologías distintas (México).

Como se puede ver en la Figura 3, la inversión inicial necesaria para brindar conectividad a los usuarios de las regiones con mayor dispersión es extremadamente alta (4,950 - 6,760 USD en función de la tecnología utilizada) comparada con aquella de regiones urbanas (348 – 793 USD). Desde la perspectiva de la población cubierta, también es notable la dificultad de dar el servicio a las regiones poco pobladas: el costo de cubrir todas las localidades rurales (*Rural*, *Rural aislada*) del país, que asciende al 25.4% de la población, es aproximadamente tres veces mayor que el costo de cubrir todas las demás zonas (desde *Exrural* hasta *Urbana muy densa*) donde habita el 74,6% de la población. De cualquier forma, estos datos pueden ser menos relevantes frente a las inversiones de largo plazo, ya que son estas las que determinaran el costo del servicio provisto.

En las estimaciones de los costos de siete años de operación de las redes (Tabla 6) nuevamente hace evidente el contraste: mientras que un usuario de las localidades rurales debería contribuir con entre 70 y 140 USD mensuales, los usuarios de las localidades urbanas solamente requieren entre 11 y 16 USD dependiendo de la NGN utilizada. Como se puede ver en la Tabla 6, el costo del servicio puede ser menor dentro de un mismo tipo de localidad en función de la red empleada (WiMAX, LTE o CDMA450). La variación del costo mensual puede llegar a ser de 20%, cifra importante si se recuerda que el servicio provisto, la conectividad, será el mismo.

Los datos obtenidos deben ser aterrizados para conocer el verdadero impacto en la asequibilidad. Para ello, considerando los ingresos mensuales de los hogares, se ha calculado la proporción del costo mensual de la conectividad mediante NGN respecto a los ingresos recibidos. De esta forma es posible tener una primera idea sobre si el servicio puede ser asequible para cada uno de los estratos presentes en función de cada *tipo de localidad*.

Ingreso mensual por hogar (USD)	Urbana densa y muy densa			Urbana			Suburbana		
	WiMAX	LTE	CDMA450	WiMAX	LTE	CDMA450	WiMAX	LTE	CDMA450
1,600	0.69%	1.03%	0.90%	0.73%	1.43%	1.06%	0.82%	1.28%	1.02%
1,400	0.78%	1.18%	1.03%	0.83%	1.64%	1.21%	0.94%	1.47%	1.16%
1,050	1.05%	1.57%	1.37%	1.11%	2.19%	1.61%	1.25%	1.96%	1.55%
650	1.69%	2.54%	2.22%	1.80%	3.53%	2.60%	2.03%	3.16%	2.51%
390	2.81%	4.23%	3.70%	3.00%	5.89%	4.33%	3.38%	5.27%	4.18%

Nota: Los valores en negrita indican proporciones la tecnología más asequible en cada tipo de localidad. Los valores sombreados indican costos altos respecto al ingreso (posible inasequibilidad).

Tabla 7 Costo mensual para las localidades de mayor población utilizando distintas en función del ingreso de los hogares (%)

No existe un límite consensuado para los servicios de telecomunicaciones de lo que puede resultar asequible, sin embargo algunos reportes (Milne, 2006; Nokia 2005) sugieren que, en los países emergentes, los usuarios de menores estratos gastan hasta el 8% de sus ingresos mensuales en servicios de telefonía móvil y acceso a Internet sin suspender el servicio. Para los fines de esta investigación, determinar si el costo podría ser cubierto por un usuario de determinada localidad, utilizaremos dicho nivel, de cualquier forma se debe resaltar que, la cifra debería ser menor para la adopción masiva del servicio.

Los resultados (Tabla 7) muestran que en las regiones con mayor densidad de población (*urbanas muy densas* y *urbanas densas*) todas las tecnologías podrían resultar asequibles (< 4.5% del ingreso mensual), sin embargo es la red WiMAX (en negritas) la que menores costos presenta (0.7% – 2,8%). En el caso de las regiones *urbanas* y *suburbanas*, si bien la proporción costo/ingreso es ligeramente mayor (cerca al 6%), la situación se repite: WiMAX es la tecnología menos costosa (0.7% – 3.3%) seguida de CDMA450 (1% - 4.33%).

En el análisis de las regiones menos pobladas (Tabla 8) los resultados son bastante distintos. En el caso de las localidades *Exrurales*, si bien todas las soluciones resultan asequibles, es la red CDMA450 la que menor costo representa (0.9% - 4%). Por su parte, para las localidades *rurales*, las tres redes podrían ser asequibles para los tres estratos más altos (4.4% - 7.6%) pero es la red WiMAX la que mejor relación costo/ingreso presenta. La asequibilidad en las *localidades rurales aisladas* disminuye considerablemente alcanzando costos equivalentes al 36% de los ingresos mensuales de un hogar. Con todo los resultados muestran que utilizando una red CDMA450, la conectividad puede resultar asequible, por lo menos, para los hogares de mayores ingresos (6.5% - 7.3%).

Bajo un escenario “solidario”, donde los costos se distribuyan homogéneamente entre todos los usuarios (costo promedio en Tabla 6) y, consecuentemente, la asequibilidad dependa exclusivamente del nivel de ingresos mensuales (siendo irrelevante el *tipo de localidad*), la conectividad sería inasequible para todos los hogares de menores ingresos ya que la relación costo/ingreso para estos hogares ascendería a entre el 8.3% y el 9.6%. Se debe mencionar que la distribución de los ingresos no es homogénea en todo el territorio y que está demostrado que las zonas urbanas más densamente pobladas tienden a concentrar un mayor número de hogares con ingresos medio-altos y, contrariamente, en las zonas rurales los ingresos por hogar tienden a ser más bajos. Adicionalmente, debe considerarse que, en el estrato con menores ingresos, los ingresos mensuales pueden ser significativamente menores (de hasta 120 USD considerando 1USD al día por persona) por lo que las proporciones podrían variar. Las investigaciones futuras deberán centrarse tanto en la búsqueda de soluciones tecnológicas que reduzcan los costos para las zonas donde aún no resulta asequible llevar la conectividad (*Rurales aisladas*), como en el estudio detallado de la demanda específica y de la distribución del ingreso que existirá en cada localidad en el corto, medio y largo plazo.

Desde el punto de vista técnico, a pesar de que la tecnología LTE700 muestre resultados regulares para los supuestos utilizados, se debe señalar que es la que mayor flexibilidad presenta en el caso de un aumento en la demanda, ya sea de usuarios o de ancho de banda provisto con lo que los costos de escalar el servicio serían menores. Los detalles de estos cálculos se dejan para una investigación posterior.

<i>Ingreso mensual por hogar (USD)</i>	<i>Ex rural</i>			<i>Rural</i>			<i>Rural aislada</i>		
	<i>WiMAX</i>	<i>LTE</i>	<i>CDMA450</i>	<i>WiMAX</i>	<i>LTE</i>	<i>CDMA450</i>	<i>WiMAX</i>	<i>LTE</i>	<i>CDMA450</i>
1,600	1.02%	1.67%	0.98%	4.43%	5.04%	4.68%	8.93%	7.36%	6.50%
1,400	1.16%	1.91%	1.12%	5.06%	5.76%	5.35%	10.21%	8.41%	7.42%
1,050	1.55%	2.55%	1.50%	6.75%	7.69%	7.13%	13.61%	11.22%	9.90%
650	2.51%	4.12%	2.42%	10.90%	12.42%	11.52%	21.98%	18.12%	15.99%
390	4.18%	6.87%	4.03%	18.17%	20.69%	19.20%	36.64%	30.20%	26.65%

Nota: Los valores en negrita indican proporciones la tecnología más asequible en cada tipo de localidad. Los valores sombreados indican costos altos respecto al ingreso (posible inasequibilidad).

Tabla 8 Costo mensual para las localidades de mayor población utilizando distintas en función del ingreso de los hogares (%)

En conclusión, las tecnologías inalámbricas disponibles en la actualidad permiten brindar conectividad suficiente para los servicios avanzados a costos que resultar asequibles para gran parte de la población. Por ello, la promoción de las Redes de Nueva Generación en la región no debe centrarse solamente en las tecnologías tradicionales de infraestructuras fijas (el cobre, el cable, y recientemente la fibra óptica) sino que deben considerarse las tecnologías alternas, como las redes móviles e inalámbricas (que pueden ser un complemento y/o sustituto a las redes fijas), adaptando las políticas a este tipo de redes. En

este sentido, se hace evidente la conveniencia de utilizar distintas tecnologías para las distintas localidades. Para las regiones densamente pobladas, la tecnología WiMAX resulta asequible inclusive para aquellos con menores ingresos. En las regiones de mediana densidad las redes WiMAX y CDMA450 se alternan los mejores resultados. Finalmente, en las regiones dispersas y aisladas la tecnología CDMA 450 muestra los menores costos. Los reguladores deben tener estos factores en cuenta al momento de otorgar concesiones y licencias para el uso del espectro. Éstas deben ser flexibles para posibilitar el uso de la tecnología más adecuada (bandas de frecuencias mayores para zonas altamente pobladas y frecuencias menores para zonas demográficamente dispersas sin especificación de tecnología). Adicionalmente, es necesario evitar imposiciones que puedan resultar en un incremento del precio de los servicios de las NGN y los tornen inasequibles.

Finalmente, los autores quieren dejar claro que las NGN y las redes inalámbricas no son la solución definitiva para superar la brecha digital. La provisión de conectividad asequible debe ser uno de los brazos de un plan nacional mucho más amplio de políticas diseñadas para el desarrollo de la Sociedad de la Información.

REFERENCIAS

1. Andrade, A. y Conte, R. (2006) "Mobile Network Evolution toward 3G: A Techno-Economic Analysis", *Proceedings of the IEEE 16th International Conference on Electronics, Communications and Computers*, pp. 6-12.
2. Banerjee, A. y Ros, A.J. (2004) "Patterns in global fixed and mobile telecommunications development: a cluster analysis", *Telecommunications Policy*, vol. 28, pp. 107-132.
3. Economist (2007) "Adios to poverty, hola to consumption" *Economist* print edition, ago. 2007.
4. Gómez-Barroso, J.L. y Robles-Rovalo, A. (2008) "Wireless hopes for universal service in developing countries: an assessment in the Mexican context", *Info*, vol. 10, no. 5/6, pp. 83-91.
5. González, A.E.; Gupta A. y Deshpande S. (1998) "Telecommunications in Mexico", *Telecommunications Policy*, vol. 22, no. 4/5, pp. 341-357.
6. Gunasekaran, V. (2007) "Emerging wireless technologies for developing countries", *Technology in Society*, vol. 29, no. 1, pp. 23-42.
7. Harno, J., Rokkas, T. y Katsianis, D. (2006) "Business scenario analysis for alternative B3G technologies", *Proceedings of the ICT Congress 2006*, 30.11-1.12.2006, Lyngby, Denmark.
8. Heise, C. (2003). *Wireless feasibility study in low density areas*. Institute for Connectivity in the Americas. Ottawa, Canadá. Disponible en <http://www.crdi.ca/uploads/user-S/11660389771Wireless-iNTEGRATED-English.pdf>
9. INEGI (2005). *II Censo de Población y Vivienda 2005*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. México.
10. INEGI (2009a). *Estadísticas sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de Información en los Hogares de México 2008*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. México.
11. INEGI (2009b). *Numeralia. México. Estadísticas generales*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. México. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/integracion/inegi324.asp?s=est&c=11722>
12. IPTS (2005). *The Demand for Future Mobile Communications Markets and Services in Europe*. Institute for Prospective Technological Studies. European Commission.
13. Katz, R. (2009) "Brecha digital: ¿oferta o demanda?", *Instituto de Empresa. Nota Enter*, no. 135, Madrid, España.
14. Koanantakool T., Srisuksant P. y Wanichkorn K. (2004) *Rural Wireless Broadband Access Initiative (RWBA) for Thailand*. Discussion Paper. Ministry of Science and Technology of Thailand prepared for the Workshop: Bridging the Digital Divide WCCA 2004. Bangkok.
15. Lewin, D. y Sweet S. (2005). *The economic impact of mobile services in Latin America*. GSMA, GSM and AHCIET Report.
16. Mahan, A. (2006). "ICT and pro-poor strategies and research", en Galperin, H. and Mariscal, J., eds., *Digital poverty: Latin American and Caribbean perspectives*. Lima, Perú. pp. 141-156.
17. Mariscal, J., Bonina C. y Luna J. (2006) "New Market Scenarios in Latin America" En Galperin y Mariscal (ed.). *Digital Poverty: Latin American and Caribbean Perspectives*. Lima, Perú. pp. 55-78.

18. Milne, C. (2006). *Telecoms demand: measures for improving affordability in developing countries*. LSE, Department of Media and Communications, Report.
19. Nokia (2005). *The prerequisites for profitable entry business*. White Paper. Disponible en: <http://www.lse.ac.uk/collections/media@lse/pdf/affordability%20report%2031.01.06.PDF>
20. Olsen, B.T. (2006). "Techno-economic evaluation of the major telecommunication investment options for European players", *IEEE Network*, vol. 20, no. 4, pp. 6.
21. Piedras, E. (2006). *El Mercado Móvil Mexicano en Números*, CIU - The Competitive Intelligence Unit, México D.F., México.
22. Piedras, E., Bonina, C. y Verut, C. (2006). *Contribuciones sociales y económicas de la telefonía móvil en México*, Centro de Investigación y Docencia Económica, México D.F. México.
23. Rodino, M., Ward, M.R. y Woroch, A.G. (2003). "Going mobile: substitutability between fixed and mobile access", *Telecommunications Policy*, vol. 27, pp. 457-476.
24. Robles A., Gómez J.L., Feijóo C. y Rojo D. (2005). "Convergencia fijo-móvil: Primeras evidencias en Latinoamérica", *AHCIET*, vol. 23, no. 101, pp.38-44.
25. Robles A.; Feijóo C. y Gómez J.L. (2006). *Wireless broadband access in developing countries: Assessing the WiMAX solution* presentado en la 17th European Regional Conference de la International Telecommunications Society. Amsterdam, Holanda. , 22-24 ago 2006.
26. Tanguturi, V.P. y Harmantzis, F.C. (2006). "Migration to 3G wireless broadband internet and real options: The case of an operator in India", *Telecommunications Policy*, vol. 30, no. 7, pp. 400-419.
27. Torres Medina, M.J. (2003). *La evolución del sector de las telecomunicaciones en América Latina a raíz de su privatización*. AHCIE. Santiago, Chile.
28. Tongia, R. (2007). "Connectivity in emerging regions: the need for improved technology and business models", *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 1, pp. 96-103.
29. UIT (2002) *World telecommunication Development Report 2002. Reinventing Telecoms*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Ginebra.
30. Welling (2003) "Techno-economic evaluation of 3G & WLAN business case feasibility under varying conditions", *Proceedings of the IEEE 10th International Conference on Telecommunications ICT 2003*, vol.1, pp. 33-38.
31. WiMAX FORUM (2005) *WiMAX: The business case for fixed wireless access in Emerging Markets*. Retrieved January 2006 from WiMAX FORUM http://www.wimaxforum.org/news/downloads/Business_Case_for_Emerging_Mkts_Rev1_2.pdf

* Contacto: arobles@gtic.ssr.upm.es

† **Nota aclaratoria:** Las opiniones expresadas en este documento reflejan exclusivamente el punto de vista de los autores y bajo ninguna circunstancia representan la posición oficial de las instituciones a las que pertenecen.