

# Opciones de conectividad rural para las instituciones microfinancieras

Nota técnica

David Bridge e Ignacio Mas

Septiembre de 2008



© 2008, Grupo Consultivo de Ayuda a la Población Pobre y Banco Mundial  
Todos los derechos reservados

CGAP  
1818 H Street, NW, MSN P3-300  
Washington, DC 20433 USA  
[www.cgap.org](http://www.cgap.org)  
[cgap@worldbank.org](mailto:cgap@worldbank.org)

---

## *Introducción*

El objetivo de este documento es informar a los directores de información y los responsables principales de la tecnología de la información de las instituciones microfinancieras (IMF) rurales sobre las opciones tecnológicas con las que pueden contar, para que puedan evaluarlas y establecer una relación con proveedores de posibles soluciones de conectividad. En este documento también se examinan las posibles limitaciones de las soluciones de conectividad con respecto a los requisitos de las IMF, para que los gerentes de las IMF puedan formular las preguntas adecuadas a un proveedor de soluciones de conectividad.

También se estudian en las tecnologías portadoras de acceso instaladas a nivel comercial, que pueden utilizarse para conectar un dispositivo o aplicación de una IMF para que cumpla su función prevista. Esta conexión se denomina generalmente “último tramo” y consiste principalmente en el enlace entre un centro o dispositivo remoto y la red principal, que puede ser un intercambiador telefónico o un punto de presencia de un proveedor de servicios<sup>1</sup>.

Primero analizamos las principales razones por las que las IMF podrían necesitar conectividad en áreas rurales. Los diferentes usos y aplicaciones tienen diversos requisitos técnicos y las diferentes tecnologías tienen distintas características. Describimos una serie reducida de características clave que pueden servir de base para la comparación, con el fin de ayudar a evaluar la “idoneidad” de las tecnologías para cada uso. A continuación describimos las diferentes tecnologías de conectividad que pueden emplearse, haciendo referencia a las características definidas. En la última sección, resumimos el desempeño de las diferentes tecnologías en las aplicaciones que podrían usar probablemente las IMF en el medio rural.

---

<sup>1</sup> “Último tramo” debe distinguirse de “retroceso”, que se refiere generalmente al enlace entre la red principal y el “borde” de la red, normalmente el elemento dentro de la red de acceso del portador (sistema compartido) más cercano al cliente.

### *Usos de la conectividad: Requisitos de las aplicaciones de las IMF*

Las IMF necesitan que la conectividad facilite el funcionamiento de una serie de aplicaciones como las que se describen a continuación. Aunque se supone que requieren conectividad de datos, no se excluye la posibilidad del uso de conexiones de voz (quizá a través del mismo dispositivo portátil).

#### **Autorización de transacciones en tiempo real**

Un agente necesita poder realizar transacciones en tiempo real. Debe poder: i) tardar no más de unos segundos en iniciar el servicio y ii) interactuar de manera que se considere inmediata (independientemente del proceso). Esto conlleva la brevedad del establecimiento y la inmediatez de la interacción. Un retraso de más de unos segundos en cualquier actividad se consideraría inaceptable.

El tipo de solución que podría contemplarse en este caso incluiría un dispositivo portátil que funcione como terminal de punto de venta (PDV); un dispositivo móvil empleado para las transacciones bancarias vía móvil o el dispositivo portátil podría servir simplemente para registrar y enviar datos de clientes desde el terreno, posiblemente en conjunción con varios otros dispositivos. Esto último podría incluir también conectividad de voz a una unidad de respuesta vocal interactiva (IVR, por su sigla en inglés) para gestionar los datos de clientes o las transacciones financieras. En muchos casos, puede ser necesario que el cliente utilice una aplicación que emplee la red de acceso para comunicarse con los sistemas de gestión de transacciones o la base de datos de la IMF.

#### **Sincronización de los datos recopilados sobre el terreno**

Un agente de préstamos que trabaje a distancia debe poder sincronizar un dispositivo portátil (en el que se han registrado las solicitudes de préstamos y los datos sobre recaudación). Esto no implica necesariamente una capacidad de “encendido constante”, pero sí conlleva que el oficial de préstamos puede sincronizar sus datos por vía inalámbrica o cable e intercambiar datos en cuestión de minutos.

La capacidad de la solución en este caso es fundamentalmente más simple que en el caso anterior. Se requiere una capacidad básica de intercambio de datos, con la seguridad y aplicación adecuadas para autorizar y reconocer la sincronización. Obviamente, cuando se emplea para sincronizar sin estar en línea, se pueden tener que sincronizar múltiples “series” de datos, pero es probable que no necesite una banda ancha.

### **Interfaz con el sistema bancario central**

La integración de la oficina con los sistemas de fondo de la sede central debe ser posible en modo sincronizado permanente, automático y en tiempo real; y de manera periódica fuera de línea o de sincronización automática. Una solución para oficinas conllevará probablemente muchas más transacciones: puede ser viable utilizar una infraestructura de red por cable (también denominada fija) que pueda soportar un alto volumen de transacciones en tiempo real, y lo más probable es que la oficina cuente con soluciones de PC o tableta con dispositivos apropiados de cajeros automáticos o PDV. El requisito de conectividad sería similar ya sea si el sistema bancario central está ubicado en la oficina central o a cargo de una tercera parte proveedora de servicios de aplicación (PSA).

### **Servicio de asistencia**

Los servicios de asistencia de voz, ya sea directamente con un agente de atención al cliente, IVR o un buzón de voz, se realizan en tiempo real. La asistencia en tiempo real de datos puede realizarse mediante preguntas frecuentes en la web, un avatar o un agente de atención al cliente en línea a través de mensajería instantánea. Éstos requieren respuestas interactivas en tiempo real pero un nivel bajo de volumen de datos. La función de asistencia podría incluir también asistencia diferida (IVR y datos) tanto para el personal como para los clientes de la IMF. La asistencia diferida puede incluir devolución de llamadas o uso de *chat*, buzones de voz o correos electrónicos para responder a la persona que formula la solicitud. Lo único que se necesita es una conectividad básica y acceso a dichos servicios.

### *Características técnicas esenciales de los servicios de conectividad*

Las características clave asociadas con una tecnología de acceso destinada a un servicio se pueden resumir de la siguiente manera.

#### **Ancho de banda**

El ancho de banda es la velocidad a la que se puede cargar (C) y descargar (DC) información y se mide habitualmente en bits por segundo (bps). Se puede citar la velocidad específica de C y DC, o puede ser simétrica. Kbps y Mbps corresponden a miles y millones bps, respectivamente. Estas medidas son aplicables a las comunicaciones tanto de voz como de datos. Normalmente, las comunicaciones de voz (que incluyen el protocolo de tráfico vocal por Internet [VoIP, por su sigla en inglés]) requieren de

8 Kbps a 64 Kbps (simétricos), dependiendo del tipo de CODEC utilizado<sup>2</sup>. Las comunicaciones de datos se pueden realizar generalmente a cualquier velocidad; sin embargo, los proveedores de servicios sólo suelen citar la velocidad de conexión de datos, y éste es el parámetro de referencia para los suscriptores individuales. Evidentemente, cada tecnología tiene una velocidad máxima de transmisión de datos<sup>3</sup>.

### Capacidad

La capacidad mide a cuántos clientes puede atender una entidad concreta. Las diferentes entidades, o elementos de la red, tienen medidas diferentes. Pueden incluir habitualmente i) el número absoluto de clientes, ii) el ancho de banda total, iii) el número absoluto de canales de tráfico, o iv) el “erlang” de tráfico (un número específico de canales de tráfico con un grado de servicio [GdS] específico). La capacidad es un término y una consideración específica de los ingenieros dentro del proveedor de servicios y no se menciona a los clientes. Sin embargo, la capacidad de la red sí afecta directamente la calidad del servicio, antes mencionada, y el grado de satisfacción percibido por el usuario final.

### Cobertura

La cobertura indica en qué medida la población destinataria del servicio puede usar el servicio. Es relevante sobre todo para las tecnologías de acceso inalámbrico, y los operadores suelen expresarla en forma de porcentaje de la población de una zona concreta que puede acceder al servicio o el porcentaje del área geográfica de un país que cuenta con el servicio. En términos de la red por cable, la medida clave de la cobertura sería el número de **puntos**

---

<sup>2</sup> Un CODEC es un dispositivo o programa capaz de codificar o descodificar una señal análoga en digital. La voz es análoga y, por lo tanto, tiene que convertirse mediante un CODEC para poder transmitirla como una serie de bits (digital). Hay muchos CODEC disponibles, algunos de los cuales están estandarizados (PCM G711 es el CODEC que utilizan normalmente los sistemas RTPC), y algunos de los cuales están patentados. El CODEC tiene un fuerte impacto sobre la calidad de voz por el retardo del paquete (latencia y fluctuación) y sobre el costo de la solución por el ancho de banda que necesite (G711 utiliza 64 Kbps mientras que VCELP GSM de media velocidad sólo necesita 5,6 Kbps). En las redes celulares, el tipo de CODEC empleado es esencial para la capacidad del sistema: optimizar la calidad de la voz mientras se minimiza el ancho de banda necesario tiene importantes consecuencias sobre la capacidad y, por lo tanto, el costo de la red radioeléctrica.

<sup>3</sup> Los clientes suelen suscribirse a un paquete específico de servicios que incluye el ancho de banda (posiblemente con acuerdos específicos sobre el nivel de servicio y el coeficiente de contención, que se describen más adelante) la capacidad máxima de D y DC (expresada habitualmente en Mbytes o Gbytes de datos a disposición de un cliente en un plazo específico y por un precio específico). Se trata de un acuerdo puramente comercial y es fundamentalmente una táctica empleada por los operadores para limitar la cantidad de datos que puede consumir un usuario, y reducir por lo tanto la posibilidad de exceder la capacidad disponible del sistema (o de partes del sistema).

**de presencia**, ya sea en términos de conexiones absolutas de clientes o conexiones interportadoras absolutas.

### **Movilidad**

Un tecnología de acceso inalámbrico puede ser móvil en la medida en que permite al usuario moverse con un dispositivo dentro de un área de cobertura definida sin interrupción del servicio (es decir, se mantiene la continuidad de la sesión de voz o datos durante el movimiento). El área de cobertura definida está compuesta por un gran número de áreas de cobertura más pequeñas, o células, entre las cuales el usuario puede “transferir” una sesión de voz o de datos. Una tecnología de acceso inalámbrico nómada permite al usuario iniciar y mantener la continuidad de una sesión de voz o datos dentro de diferentes áreas de cobertura o células, aunque con pérdida temporal de servicio cuando se traslada entre áreas de cobertura<sup>4</sup>.

### **Latencia**

La latencia es el tiempo que tarda un paquete de información enviado desde una entidad, o usuario, en llegar a otra entidad, o usuario<sup>5</sup>. Está claro que cuanto menor latencia, mejor. Los servicios de voz son especialmente susceptibles a una fuerte degradación por la latencia elevada. Por ejemplo, una de las desventajas de varias tecnologías de satélite es el retraso significativo que provoca un efecto de eco. La latencia es especialmente importante en el contexto de la VoIP y las tecnologías de paquetes, en las que el tiempo de interacción es esencial.

Un parámetro estrechamente relacionado es la fluctuación: la variabilidad de la latencia. La fluctuación provoca que los paquetes de información estén fuera de secuencia. Esto es irrelevante en los sistemas de circuitos conmutados (mencionados más adelante), pero en los sistemas de paquetes podría generar voz o datos inutilizables que tendrían que volver a secuenciarse mediante una aplicación para que puedan tener la función prevista.

Una medida importante relacionada con la calidad de las llamadas de voz es la **nota media de opinión** (NMO). Se trata de una medida cualitativa contemplada por la Recomendación P. 800 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que define un método para obtener una opinión

---

<sup>4</sup> El proveedor de servicios puede ofrecer ahora la capacidad de lograr la movilidad entre diferentes tecnologías de acceso mediante dispositivos que soportan múltiples tecnologías de acceso inalámbrico, que pueden ser móviles o nómadas.

<sup>5</sup> Cabe señalar que la latencia se refiere a la latencia dentro de la red, no la latencia de extremo a extremo que incorpora cualquier aplicación o servidor empleado por el cliente para aplicar los servicios. Éstos pueden ser bastante significativos y deben abordarse en el diseño de una solución general.

de los oyentes humanos sobre la calidad de la voz, con una puntuación de 1 a 5. Una medida por encima de 4 se considera aceptable para la voz. La calificación de una conexión de la red telefónica pública conmutada (RTPC) es de 4,3<sup>6</sup>.

### Calidad del servicio

La calidad del servicio puede dividirse en varios componentes principales. La **disponibilidad** es el tiempo real de servicio expresado como porcentaje del tiempo posible total de servicio; esta última medida excluye generalmente los períodos de mantenimiento previstos y otros conceptos similares. Los diferentes fabricantes y operadores expresan la **fiabilidad** del sistema de distintas maneras y pueden usar medidas como el plazo medio entre fallas (expresado en años). El **GdS** es una medida porcentual empleada por un operador para indicar la posible falta de disponibilidad del canal de tráfico debido a la congestión (es decir, insuficiencia de canales, debido al uso o la falta de disponibilidad, para gestionar todas las sesiones de voz o datos). Se utilizan medias estadísticas para planificar la cantidad de canales de tráfico necesarios para cada sistema; sin embargo, cuanto más GdS mayor será el costo de instalación<sup>7</sup>. El **coeficiente de contención** se emplea principalmente en las redes de datos para especificar el número de posibles usuarios simultáneos del mismo ancho de banda<sup>8</sup>.

Estos factores no son en realidad limitaciones de las propias tecnologías de acceso, sino que están determinados por el diseño de la solución y, por lo tanto, dependen del modelo de costos del operador que instala la red. Un operador puede agregar una considerable fiabilidad al sistema, por ejemplo, replicando componentes y eliminando puntos de averías. Sin embargo, esta manera de desarrollar e instalar una red no siempre es eficaz en función de los costos y, por lo tanto, depende mucho de cada operador.

---

<sup>6</sup> La NMO es una medida de evaluación valiosa, especialmente para la instalación de VoIP. Si la NMO está por debajo del nivel de la RTPC es probable que el grado de satisfacción del usuario no sea bueno. En concreto, si se usan sistemas de IVR, en algún sistema basado en transacciones, es probable que haya problemas importantes de reconocimiento de voz y que la baja satisfacción del usuario inutilice el sistema.

<sup>7</sup> Un GdS alto significa que la probabilidad de no poder realizar una llamada es bajo. Por lo tanto, el GdS suele expresarse como un porcentaje y su nivel habitual es uno.

<sup>8</sup> El carácter multiplexado del canal significa que el ancho de banda efectivo con que cuenta el usuario podría reducirse considerablemente. Por ejemplo, un coeficiente de contención normal de una red de ADSL podría ser de 50:1. Si hay 50 posibles usuarios, cada uno de ellos suscrito a un servicio de DL de 1 Mbps, aunque la red hubiera sido diseñada para ofrecer, por ejemplo, solamente 10Mbps, el acceso simultáneo de los 50 usuarios se produciría en realidad con un DL máximo de 200 Kbps por usuario (20% de la tasa requerida).



### **Circuitos de conmutación frente a circuitos de paquete**

Los sistemas de circuito de conmutación (CC) son aquéllos en los que los dos extremos usados en una conexión (voz o datos) se asignan y reservan durante la duración total de la conexión. Un ejemplo típico es el sistema de la red del servicio telefónico ordinario (POTS, por su sigla en inglés) a través del que se hacen la mayoría de las llamadas hoy en día. Los sistemas de circuito de paquete (CP) son aquéllos en los que unidades relativamente pequeñas de datos, llamadas “paquetes”, se transmiten a través de una red en función de la dirección de destino contenida en cada paquete. Esto permite que muchos usuarios utilicen el mismo canal físico. Se trata de una comunicación sin conexión, cuyo ejemplo típico es Internet.

Las redes de telecomunicaciones actuales consisten, principalmente, en sistemas CC. Las redes de cable están pasándose rápidamente a sistemas de CP. La instalación de estos sistemas es generalmente más barata (debido al uso multiplexado de los canales físicos), pero, hasta hace poco, la capacidad de gestión de la latencia y la calidad del servicio era limitada. Era difícil dar prioridad al tráfico más sensible a los retrasos, como la voz, por encima de los datos (con una repercusión obvia en la NMO). Por lo tanto, la evolución de la red de un proveedor de servicios puede mejorar la experiencia de una IMF en función del impacto sobre características clave.

Dado que la infraestructura básica de la red de cable o inalámbrica es fundamentalmente la misma, los operadores que gestionan ambos sistemas terminan trabajando con una infraestructura común y convergente. Sin embargo, las tecnologías de último tramo o de acceso, ya sea para el retroceso o el usuario final, aún no comparten el mismo sistema, y la visión de lograr una red de CP de extremo a extremo (o totalmente basada en el protocolo de internet [IP, por su sigla en inglés]) está lejos de hacerse realidad.

### **Espectro usado**

El espectro de radiofrecuencia es relevante para las tecnologías inalámbricas. El espectro utilizado está regido por la UIT y los organismos competentes de cada país. La UIT intenta lograr la normalización en todo el mundo, mientras que los organismos nacionales intentan cumplir dichas normas y gestionar el uso local del espectro, lo que incluye la reutilización, los pagos de licencias y las obligaciones de las portadoras. Las consideraciones clave con respecto al espectro son las siguientes.

**Frecuencia.** Los sistemas de baja frecuencia pueden alcanzar una mejor cobertura geográfica que los sistemas de alta frecuencia. La baja frecuencia suele conllevar menos estaciones de base y antenas, y menos capital y costos

operativos, para que el operador pueda lograr la cobertura deseada. El corolario es que los sistemas de alta frecuencia requieren más infraestructura para lograr la misma cobertura y, por lo tanto, un costo más alto, pero cuentan con mucha más capacidad. Sin embargo, no es exactamente cierto que para lograr una cobertura geográfica específica con un sistema global de comunicaciones móviles (GSM) de 900MHz se requieran la mitad de estaciones de base que para un sistema GSM1800. Cabe señalar que, aunque la segunda opción requeriría más infraestructura, también ofrecería considerablemente más capacidad.

**Licencias.** Los organismos reglamentarios asignan y gestionan las licencias de espectro. Con frecuencia, un proveedor de servicios cobra una cuota por contratar y gestionar una banda de frecuencia. Esto suele implicar que existen una serie de políticas y una gestión activa del espectro para garantizar su óptimo uso y evitar los problemas que afectan al cliente, como las interferencias. El espectro sin licencia está definido por los organismos reglamentarios pero no se asigna a un operador específico ni se le da un uso concreto. Todo el mundo puede usar un espectro sin licencia. Una banda de frecuencia bastante conocida es la banda industrial, científica y médica (ICM) de 2,4 GHz, que tiene varios usos genéricos. Toda una serie de tecnologías de radio utilizan este espectro y, al no estar regulado, cualquiera puede comprar y usar equipo para esta frecuencia. Esto tiene importantes consecuencias con respecto a los servicios y las estructuras de costos de estos equipos, sobre todo en cuanto a interferencias.

**Interferencias.** Las interferencias son un problema específico de las tecnologías inalámbricas y pueden generar una degradación significativa del servicio y fallas, y de los sistemas de radio. Hay muchos tipos de

**Cuadro 1. Resumen de los requisitos técnicos de las aplicaciones de IMF**

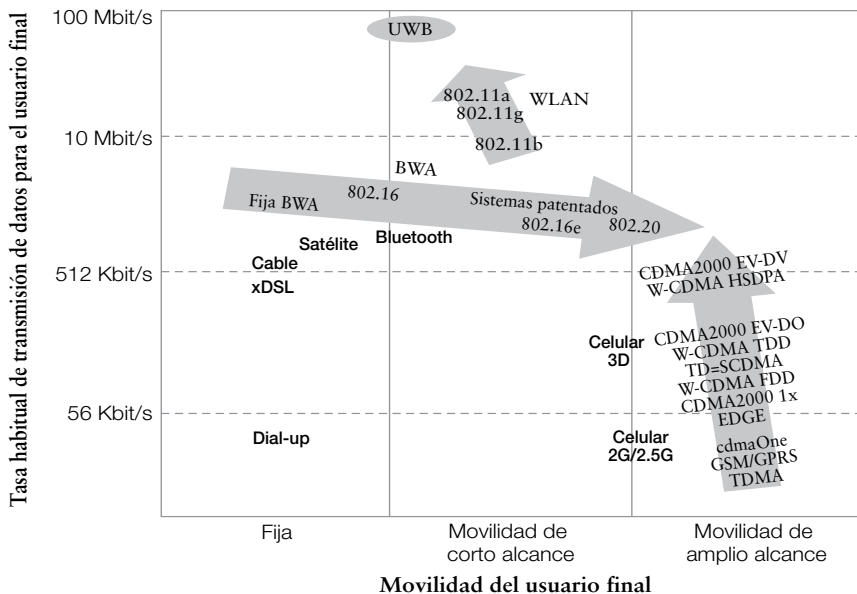
| Características       | Aplicaciones de IMF                   |                                       |  |  |                         |
|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--|-------------------------|
|                       | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización (diferida) de datos    | TI de interfaz a oficina central (en tiempo real y diferido) | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                         |
|                       |                                       |                                       |  | Datos (en tiempo real y diferido)                | Voz (tiempo real)       |
| Ancho de banda        | <100 Kbps                             | <100 Kbps                             | <1 Mbps  | <100 Kbps  | variable                |
| Capacidad             | <50 Kbytes por transacción            | <1 Mbytes por sincronización          | <1 Gbytes por día  | <100 Kbytes por usuario                          | variable                |
| Cobertura y movilidad | nómada, en el lugar                   | nómada, en función de las necesidades | fija   | nómada   | nómada                  |
| Latencia              | <500 ms                               | <10s                                  | <500 ms  | <500 ms  | <480 ms                 |
| Calidad del servicio  | Contención 50:1 Disponible>99,9%      | Contención 50:1 Disponible>99,9%      | Contención 50:1 Disponible>99,9%                             | Contención 50:1 Disponible>99,9%                 | GdS<1% Disponible>99,9% |

interferencias, que van de las interferencias entre frecuencias (campos electromagnéticos y de otro tipo) a las interferencias climáticas. Se trata de cuestiones naturales y los ingenieros de los proveedores de servicios de radio son los responsables de minimizar los problemas<sup>9</sup>.

### *Tecnologías de acceso disponibles*

En el Gráfico 1 se presenta la gama de tecnologías de acceso disponibles en el mercado, en función de las tasas de datos que ofrecen (ancho de banda, tasa habitual de DC) y el grado de movilidad que ofrecen. En esta sección se resumen cada una de las tecnologías, incluyendo medidas cualitativas de su calificación en términos de las características clave descritas en la sección anterior. La tecnologías se ordenan generalmente de mayor a menor cobertura, empezando por las tecnologías de satélite, que cubren una amplia franja del planeta desde un solo satélite; luego siguen las tecnologías celulares y otras tecnologías inalámbricas de amplia cobertura; a continuación las redes fijas; y finalmente las tecnologías de acceso inalámbrico de corto alcance, con un alcance de menos de 100 metros.

**Gráfico 1. Ancho de banda y movilidad de las tecnologías de acceso**



<sup>9</sup> Se están instalando nuevas técnicas que utilizan tecnologías como antenas inteligentes y redes en malla para reducir los efectos de las interferencias, y mejorar la capacidad y la cobertura del sistema. Estas tecnologías no se describen en detalle en este documento.

En el Cuadro 2 al final de este documento se analiza la idoneidad de cada una de las tecnologías de acceso descritas para una muestra de aplicaciones de IMF, considerando su compatibilidad en función de las características antes señaladas. En el caso de las principales tecnologías, se presenta un cuadro con estos datos y una evaluación resumida después de explicar cada una de ellas. En estos cuadros, el término “viable” indica que la tecnología que se está considerando es técnicamente viable para soportar la aplicación; lo contrario indica que algunos criterios la hacen poco ideal.

### Satélite

La tecnología de satélite sigue siendo una alternativa clave al cable para la provisión de teléfono, televisión y otros servicios multimedia, tanto en términos del usuario final, especialmente en áreas remotas, como en términos de transmisión de datos en todo el mundo. Sin embargo, aparte de la radiodifusión, la tecnología de satélite es mucho más adecuada para las aplicaciones de almacenamiento y retransmisión, como la transmisión de video, que la telefonía. Esto se debe principalmente a que la latencia es generalmente alta y, por lo tanto, las llamadas de voz tienden a tener eco. El soporte normal de datos para los servicios para el usuario final no pasa de 64 Kbps. Sin embargo, algunos satélites más nuevos tienen capacidad de servicio general de radiocomunicaciones por paquetes (GPRS, por su sigla en inglés) e IP de banda ancha de hasta 492 Kbps. La instalación de tecnologías de satélite es inherentemente más cara y la capacidad es en cierto modo limitada, lo que la hace más costosa que la transmisión por bit. Los satélites ofrecen lo último en movilidad porque la estampa de cada satélite define el área de cobertura. Sin embargo, las altas frecuencias de los sistemas de satélite hacen que las interferencias ambientales, especialmente de árboles y edificios, sean más pronunciadas.

Los satélites geosincrónicos (órbita de satélites geostacionarios, OSG) giran alrededor de la tierra una vez al día sobre el ecuador. Un buen ejemplo de satélites OSG son los de Intelsat, Inmarsat y Thuraya. Este último es muy similar a Globalstar, ya que dispone de un servicio telefónico por satélite en modo dual (GSM-satélite); sin embargo, se trata de un sistema regional, no global, y no transmite llamadas entre satélites. El sistema Inmarsat ofrece una conexión de datos por IP de hasta 492 Kbps.

Las terminales de muy pequeña abertura (VSAT, por su sigla en inglés) son sistemas independientes (habitualmente, aunque no siempre, fijos) que usan los satélites OSG para las comunicaciones. Los VSAT tienen dos partes: un **transceptor** y antena (con un diámetro de hasta 2,4 m) que apunta

directamente al satélite y una interfaz con el sistema de comunicación del **usuario final**, normalmente una computadora personal. El satélite envía y recibe mensajes de una estación terrestre que actúa de central del sistema. Cada usuario final está interconectado con la estación central vía satélite. La central controla todo el funcionamiento de la red. Para que un usuario final pueda comunicarse con otro, cada transmisión pasa primero por la estación central, que la retransmite por satélite al otro usuario final del VSAT. Estos sistemas son una aplicación específica de la tecnología OSG, que emplean principalmente los negocios que necesitan una conexión remota (y con frecuencia temporal) con una oficina central. Se puede usar para servicios de voz, datos o video. Sin embargo, tanto el desembolso inicial para el VSAT como el uso del servicio son costosos. Suelen transportarse en vehículos y los emplean las unidades móviles de televisión.

Los **satélites en órbita baja (LEO, por su sigla en inglés)** se mueven habitualmente en una órbita circular a unos 400 km de la superficie de la tierra. El posicionamiento en el espacio de los satélites LEO es menos caro que el de los satélites geostacionarios y, al estar más cerca de la tierra, requieren menos intensidad de señal. Iridium y Globalstar son dos constelaciones que ofrecen servicios de comunicación por satélite (voz y datos a baja velocidad) desde áreas remotas.

|  | Transacciones de datos en tiempo real    | Sincronización diferida de datos | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                          |
|--|--|----------------------------------|--|--|--------------------------|
|  |  |                                  |  | Datos  | Voz (tiempo real)        |
| Satélite   | viable, establecimiento de llamada largo | viable, <i>borderline</i>        | viable, pero no recomendado                  | viable   | viable, pero no con VoIP |
| El satélite es más compatible con los requisitos del usuario final, pero debe considerarse un nicho de mercado para terrenos extremadamente rurales o montañosos, donde no existe otra solución viable. Esto se debe simplemente el costo relativo muy alto de cualquier intercambio de voz o datos. No debe considerarse para aplicaciones con gran ancho de banda. |  |                                  |  |  |                          |

### Tecnologías celulares

Empezamos por una familia de normas cubiertas por el Proyecto de Asociación Tercera Generación (3GPP, por su sigla en inglés), una asociación de organizaciones normativas europeas y asiáticas responsables del desarrollo de especificaciones técnicas de GSM para la tecnología móvil. A continuación nos ocupamos de la familia de normas de 3GPP2, que consiste principalmente en una asociación de organizaciones normativas norteamericanas y asiáticas responsables del desarrollo de especificaciones técnicas de la norma

provisional (IS por su sigla en inglés) 95 (acceso múltiple por división de código [CDMA, por su sigla en inglés]) que compiten con las anteriores. Las tecnologías descritas ofrecen una cobertura y movilidad equivalentes en términos generales y difieren principalmente en las estructuras de costos y la disponibilidad y capacidad de sus servicios.

El **sistema Mundial para Comunicaciones Móviles (GSM)**, por su sigla en inglés) es una norma procedente de Europa que predomina en la tecnología móvil digital instalada hoy en día. El GSM se desarrolló originalmente para las comunicaciones de voz CC (además de servicios de transmisión de fax y datos a baja velocidad) con algunos servicios complementarios como desvío, bloqueo, y transferencia de llamadas, teleconferencias y servicio de mensajes cortos (SMS, por su sigla en inglés). El SMS permite a los usuarios enviar y recibir mensajes de texto entre teléfonos móviles y es el precursor de los servicios de datos.

Además de ofrecer una serie de servicios complementarios, el GSM se diferencia de las tecnologías previas que compiten con él por dos cuestiones esenciales. Primero, permite la itinerancia del usuario entre redes: un usuario puede utilizar los servicios de su red local en otra red interconectada. Estos servicios incluyen tanto el servicio original de voz como los servicios complementarios y de texto. Segundo, ofrece seguridad integrada: autenticación y cifrado. Los dispositivos de GSM tienen una tarjeta inteligente, conocida como módulo de identificación de abonado (SIM, por su sigla en inglés), que contiene datos específicos del operador y del suscriptor que permite a los usuarios identificarse y cifrar las sesiones (de voz y datos) en el aire. Una cuestión clave es que sólo se cifra la conexión entre el dispositivo y la base central (es decir, no la sesión de extremo a extremo).

El GSM emplea un espectro con licencia y se ha estandarizado para que opere normalmente con bandas de frecuencia de 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz. Esta última se emplea principalmente en América del Norte. En algunas partes del mundo, el GSM también opera en bandas de frecuencia de 450 MHz y 850 MHz, sobre todo mientras se retiran las tecnologías móviles análogas más antiguas y se libera (o reordena) el espectro.

Los **datos con conmutación de circuitos a alta velocidad (HSCCD)**, por su sigla en inglés) son una evolución de la norma GSM que permite el uso de intervalos de tiempo adicionales para obtener una tasa más alta de datos, en teoría hasta 115 Kbps. Esta tecnología todavía no se ha extendido.

El **GPRS**, que se ha mencionado anteriormente en este documento, es un sistema móvil de datos de paquetes que puede llegar en teoría hasta los 115 Kbps. Se necesita un dispositivo específico, al igual que la actualización del *hardware* y el *software* a través de la red radioeléctrica y la

nueva infraestructura en la red principal. No obstante, sí emplea las bandas existentes en el espectro con licencia. El GPRS se diseñó teniendo en cuenta las aplicaciones de web y de datos. Al tener un sistema de paquetes y no contar con un método adecuado para priorizar las sesiones de los usuarios, el GPRS está expuesto a una latencia alta y un ancho de banda errático. El GPRS se creó con una capacidad de conexión permanente, lo que significa que un dispositivo puede establecer un contexto en el momento del encendido o al pulsar un botón para reducir los efectos de la latencia sobre las aplicaciones del dispositivo, que de otro modo necesitarían una sesión de instalación y conectarse con una aplicación o servicio parejo. A pesar de que se trata de una tecnología de conexión permanente, muy pocos operadores deciden cobrar por el tiempo de conexión y la mayoría cobran en función del volumen de datos transferidos (ya sea carga o descarga)<sup>10</sup>.

Las **velocidades de datos mejoradas para la evolución de las GSM (EDGE**, por su sigla en inglés) se diseñaron originalmente para mejorar la capacidad de ancho de banda tanto de HSCCD como del GPRS. Se deben actualizar el *hardware* y el *software* de la estación central para que soporten EDGE; sin embargo, el costo de hacerlo es mucho menor que desarrollar una nueva red de 3G. También se requiere un soporte específico para los dispositivos. EDGE ha sido instalado principalmente por operadores que no tienen un espectro de 3G o que consideran que han tenido problemas con el momento de la aparición y la disponibilidad de las tecnologías de 3G. En algunos casos en que un operador ha utilizado 900 MHz para instalar el GSM en áreas rurales y necesita una tasa de transmisión de datos de 100-200 Kbps, EDGE se ha considerado una alternativa viable y “barata” al 3G. EDGE soporta

|  | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización diferida de datos | Sistemas TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                    |
|--|---------------------------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|
|  |                                       |                                  |   | Datos  | Voz (tiempo real)  |
| EDGE   | viable                                | viable                           | viable                                    | viable   | inviable para VoIP |
| La principal ventaja de EDGE es su mayor cobertura (por ejemplo, con un espectro de 900 MHz) y disponibilidad, que la hace más comercialmente viable que las tecnologías menos maduras. La posible desventaja de EDGE es que, dado que las aplicaciones de las IMF requieren un ancho de banda y una capacidad significativos, la capacidad de la red celular de cumplir estos requisitos se puede ver afectada por otros usuarios de la red radioeléctrica. Esto sólo puede solucionarse acordando objetivos de desempeño con los proveedores de servicios relevantes, pero puede generar una prima en el precio. |                                       |                                  |   |  |                    |

<sup>10</sup> Existe una variedad de clases de dispositivos de GPRS. Estas clases difieren no sólo por su capacidad para soportar diversas tasas de datos, sino también por su capacidad para soportar sesiones simultáneas de voz y datos. Esto último es importante si el dispositivo se emplea para facilitar el acceso a una aplicación de datos y el usuario quiere hablar con alguien al mismo tiempo.

en teoría tasas de datos de hasta 474 Kbps; se espera que la evolución de EDGE mejore esta tasa hasta alrededor de 1Mbps en el futuro. Aunque no tiene más capacidad de priorización que el GPRS, cuenta con significativamente más ancho de banda y capacidad de intercambio entre usuarios, lo que mejora su utilización.

Los móviles de tercera generación (3G) CDMA de banda ancha (WCDMA, por su sigla por su sigla en inglés) son la principal tecnología de 3G que se está instalando en el mundo hoy en día<sup>11</sup>. Se instala principalmente en la banda de 2100 MHz del espectro con licencia. Sin embargo, en muchas jurisdicciones, se está permitiendo a los operadores que instalen la tecnología usando el espectro existente de 900 MHz o 850 MHz (principalmente para generar mayor cobertura). El mayor ancho de banda y la mayor capacidad que ofrecen las redes de WCDMA hacen posible una serie de servicios adicionales como las videollamadas, el flujo continuo de video, la televisión por móvil y las llamadas de voz y datos simultáneos. Aunque no se ha comprobado el modelo de negocio de estos servicios, y existe una fuerte dependencia del tipo y la calidad de los dispositivos (duración de la batería), las posibilidades de que los móviles ofrezcan un número creciente de servicios y aplicaciones de datos son considerables.

WCDMA ofrece tanto servicios de voz de CC como servicios de datos de CP. Los servicios de datos de CP cuentan con tasas de descarga de hasta 384 Kbps y de carga de hasta 64 Kbps en las redes WCDMA instaladas

|       | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización diferida de datos | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                                    |
|-------|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|------------------------------------|
|       |                                       |                                  |  | Datos  | Voz (tiempo real)                  |
| WCDMA | Viable                                | viable                           | viable                                       | viable   | viable para VoIP con HSDPA y HSUPA |

A corto plazo, la tecnología WCDMA sigue siendo relativamente inmadura y, por lo tanto, más cara de instalar que otras tecnologías. Su alta capacidad y la capacidad de ancho de banda, además de la evolución de las normas, hacen de ella una aplicación viable para las IMF en el futuro. La instalación de WCDMA con frecuencias de 900MHz o más bajas mejorará significativamente la cobertura y, por consiguiente, la viabilidad comercial del uso de esta tecnología para las diferentes aplicaciones de IMF.

<sup>11</sup> Según la definición de la UIT, las tecnologías de 3G incluyen WCDMA, CDMA2000 (sucesor del 2G CDMA IS-95), acceso por división en el tiempo-múltiple por división de código (TD-CDMA) y acceso por división en el tiempo-síncrono y múltiple por división de código (TD-SCDMA), EDGE, telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT, por su sigla en inglés) e interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX). WCDMA es utilizado tanto por el sistema *Japanese Freedom of Mobile Multimedia Access* (FOMA) como por el Sistema Europeo de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS, por su sigla en inglés), esta última es la tecnología de 3G que predomina actualmente en el mundo. Más adelante en este documento se analizan CDMA2000, WiMAX y EDGE. TD-SCDMA está siendo fuertemente promovida por China. El resto son actualmente tecnologías con un nicho en el mercado.



actualmente. Se están introduciendo en el mercado mejoras de hasta 14 Mbps (descarga) mediante acceso por paquetes de alta velocidad en enlace descendente (HSDPA, por su sigla en inglés) y 11,5 Mbps (carga) mediante acceso por paquetes de alta velocidad en enlace ascendente (HSUPA). HSDPA ofrece cifras de latencia de unos 120 ms, en comparación con los 300 ms de la WCDMA.

**CDMA IS95 Revisiones A y B (también conocida como CDMAOne)** fue lanzada por Qualcomm. IS95 se instala habitualmente en la banda de frecuencia 800 MHz o 1900 MHz, pero también se ha instalado en 450 MHz, 900 MHz, y otras bandas. Tiene capacidad tanto de CC como de CP, con servicios de voz y tasas de datos de hasta 14,4 Kbps en el caso de IS95-A y 115 Kbps en el caso de IS95-B. Su capacidad es por lo tanto mejor que la del GSM y el GPRS. No se utiliza SIM, por lo que la capacidad del usuario de cambiar de red y dispositivo y mantener los servicios y los números son un poco más difíciles de realizar (sin la intervención del operador). La variedad de dispositivos no es tan extensa como con el GSM. Aunque CDMAOne tiene capacidad de SMS, su soporte de los servicios suplementarios ha sido tradicionalmente deficiente; lo cual ha sido resuelto en cierta medida por las soluciones de red inteligente (IS41). Es más, CDMAOne ha tardado en estandarizar los servicios de itinerancia, lo que ha limitado su capacidad de ofrecer servicios a los viajeros.

**3G CDMA 2000 1xRTT, evolución-datos/voz (EV-DV), y evolución-datos optimizados (EV-DO).** 1xRTT es una evolución de IS95 que duplica efectivamente la capacidad de la red y ofrece una tasa de transmisión de datos de hasta 144 Kbps. CDMA2000 EV-DV soporta tasas de descarga de datos de hasta 3,1 Mbytes/s y tasas de carga de datos de hasta 1,8 Mbytes/s. Es compatible con las redes CDMAOne; sin embargo, en 2005, Qualcomm interrumpió indefinidamente el desarrollo de EV-DV por la falta de interés de los portadores. EV-DO se diseñó como una evolución para el soporte de altas tasas de datos con muy poca latencia y podría instalarse junto con los servicios de voz de un portador inalámbrico (lo que requiere el desarrollo de una red superpuesta). La red es totalmente en paquetes: se diseñó para que funcionara como una red de IP de extremo a extremo. Aunque la intención no era soportar servicios de voz, dada la calidad original del servicio, sería viable soportar VoIP<sup>12</sup>.

En el caso de todas las tecnologías móviles analizadas aquí, el diseño de la red móvil es un factor esencial para lograr la satisfacción del usuario

---

<sup>12</sup> Se han hecho dos revisiones de EV-DO: Rev A soporta descargas de 3,1 Mbps y cargas de 1,8 Mbps, y Rev B es una versión multiportadora de Rev A, que llega a soportar 4,9 Mbps de descarga por portador (por lo que se podrían alcanzar en teoría los 14,7 Mbps de descarga, por ejemplo). Ofrece más flexibilidad para los servicios asimétricos y es capaz de soportar video de alta definición. Rev A se está instalando actualmente y soporta servicios de VoIP.

|  | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización diferida de datos | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                            |
|--|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|----------------------------|
|  |                                       |                                  |  | Datos  | Voz (tiempo real)          |
| CDMA2000 EV-DO   | viable                                | viable                           | viable                                       | viable   | viable para VoIP con Rev A |
| CDMA2000 está más avanzado que WCDMA y funciona generalmente con frecuencias más bajas (por ejemplo, 800 MHz), lo que debería convertirla en un modelo altamente viable en el mercado para su instalación en el medio rural. Sin embargo, la falta de instalación generalizada fuera de América del Norte hace que el equipo sea más caro y existen dudas sobre su longevidad. |                                       |                                  |  |  |                            |

final y el desempeño previstos de una aplicación. La presencia de cobertura de móvil en un municipio relevante no garantiza que la aplicación de la IMF funcione como se pretende. La cobertura de servicios de voz permitirá ciertamente la cobertura de las tecnologías del portador, como SMS (y, del mismo modo, datos de servicios suplementarios no estructurados [USSD, por su sigla en inglés]), pero esto no implica en consecuencia que se podrá tener acceso a las tecnologías requeridas de paquetes de datos, como GPRS o EDGE<sup>13</sup>.

### Tecnologías inalámbricas de amplia cobertura con movilidad limitada

**Bucle local inalámbrico (WLL, por su sigla en inglés)** es un término genérico que se emplea para describir la transmisión de los POTS y los servicios de Internet en el último tramo. La tecnología utilizada puede ser cualquiera de las que se describen en este documento, como LMDS, GSM o CDMA; por lo tanto no se describirá con más detalle.

El **servicio de distribución multipunto local (LMDS, por su sigla en inglés) IEEE 802.16** es una línea a la vista de banda ancha inalámbrica regida por IEEE 802.16 y concebida como una tecnología de banda ancha, inalámbrica fija y de punto a multipunto para el último tramo. Se utiliza sobre todo como tecnología de retroceso y no para el usuario final. LMDS opera habitualmente con frecuencias de microondas entre las bandas 26 GHz y 29 GHz pero puede utilizar, en teoría, cualquier espectro de 10-66 GHz. El ancho de banda y la fiabilidad dependen del alcance del radiotransmisor y el método de modulación empleados. En general, las instalaciones pueden tener un alcance de hasta ocho kilómetros desde la estación central, pero la distancia

<sup>13</sup> Algunos dispositivos portátiles pueden mostrar claramente la presencia de la capacidad, pero no ofrecen ninguna indicación del ancho de banda o la capacidad disponible por parte de la red. Esto sólo puede entenderse mediante una conversación con el operador, que podría indicar de cuánto ancho de banda por usuario se dispone normalmente.

suele limitarse a unos 2,4 km debido a desvanecimientos por la lluvia. No ha tenido un éxito generalizado y es probable que se sustituya por WiMAX.

El **sistema de distribución multipunto multicanal (MMDS, por su sigla en inglés)** se produjo originalmente para ofrecer servicios de televisión por cable. MMDS utiliza una frecuencia más baja que LMDS y tiene menos capacidad, aunque mayor alcance. Como ocurre con LMDS, MMDS no cubre las necesidades de movilidad o portabilidad, y no ofrece forzosamente un valor diferencial de los servicios de banda ancha por cable. Es más, la estructura de costos en las áreas más desarrolladas será probablemente más alta que en el caso de un servicio equivalente por cable. El espectro de MMDS no está aprobado para los servicios móviles. Como ocurre con LMDS, aún no ha tenido un éxito generalizado.

**Microondas** se refiere genéricamente a espectro que va de 300 Mhz a 300 GHz (que abarca las ondas decimétricas [UHF, por su sigla en inglés], centimétricas [SHF, por su sigla en inglés] y milimétricas [EHF, por su sigla en inglés]). La mayoría de las tecnologías de radio que se describen en este documento son efectivamente tecnologías de microondas. Sin embargo, el contexto en este caso se refiere específicamente al uso de microondas de radio para establecer enlaces entre puntos, que pueden ser enlaces de gran ancho de banda (de 64 Kbps a decenas de Mbps) de hasta 100 km de longitud. La latencia puede ser baja, pero depende en cierto modo de los efectos climáticos y las interferencias. Antes de la llegada de la fibra óptica, se utilizaban ampliamente los enlaces de microondas para conectar elementos de la red e interconectar redes. En la actualidad, la tecnología de enlace de microondas se utiliza principalmente como un sistema de retroceso eficaz en función de los costos para conectar entidades de la red. También se emplea habitualmente en un entorno multiplexado para conectar pequeñas

|      | Transacciones de datos en tiempo real   | Sincronización diferida de datos        | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                   |
|------|---|---|--|--|-------------------|
|      |   |   |  | Datos  | Voz (tiempo real) |
| LMDS | no recomendada con dispositivo portátil | no recomendada con dispositivo portátil | viable                                       | no recomendada con dispositivo portátil          | no recomendada    |
| MMDS | no recomendada con dispositivo portátil | no recomendada con dispositivo portátil | viable                                       | no recomendada con dispositivo portátil          | no recomendada    |

LMDS y MMDS deben considerarse soluciones con un nicho de mercado exclusivamente para la provisión de conectividad a las oficinas filiales. No han tenido éxito especialmente como tecnologías para usuarios finales porque el gran ancho de banda y frecuencia que las caracteriza las hace más caras para los servicios relacionados con los usuarios finales. La obsolescencia que podría crear WiMAX sugiere que es mejor no considerarlas siquiera; aunque se trata probablemente de un problema de oportunidad.

centrales privadas o una multitud de líneas de las instalaciones de la empresa al intercambiador telefónico.

**WiMax IEEE 802.16** es un sistema de datos de largo alcance que usa normalmente un espectro con licencia para facilitar una conexión punto a punto a Internet, conectando a un proveedor de servicios con una red o un usuario final. Las diferentes normas de 802.16 ofrecen diversos tipos de acceso, desde móvil (similar al acceso de datos mediante teléfono celular) a fijo (una alternativa al acceso por cable, en la que la terminal inalámbrica del usuario tiene un punto fijo). Las instalaciones comerciales actuales son de banda ancha fija, más que móviles, y se utilizan sobre todo para ofrecer conectividad en el último tramo, o retroceso, en áreas en las que hasta ahora no ha sido viable comercialmente la provisión de dicho acceso. Creemos que el lanzamiento comercial de productos de movilidad todavía puede tardar un año. Aunque se trata principalmente de una red inalámbrica de datos de banda ancha, la llegada de las capacidades de VoIP y calidad del servicio local permiten que WiMax ofrezca servicios de voz de calidad con un costo relativamente bajo (al tratarse de una red totalmente IP). Hasta ahora, no se han presentado servicios complementarios.

Las tasas habituales de uso de WiMax sugieren que es posible alcanzar descargas de 10 Mbps y cargas de 5 Mbps. Las cifras de latencia de 30 ms indican una mejora significativa del desempeño con respecto a las tecnologías existentes de 3G. La alta eficiencia del espectro y el uso de antenas con multiplexor de entrada y salida (MIMO, por su sigla en inglés) hacen que se pueda ofrecer una cobertura considerable de la estación central y gran capacidad con un costo mucho más bajo que las otras tecnologías disponibles actualmente. No existe un espectro global uniforme con licencia para WiMAX, aunque *WiMAX Forum* ha publicado tres perfiles de espectros con licencia: 2,3 GHz, 2,5 GHz y 3,5 GHz con el fin de reducir los costos. Según el principio de la economía de escala, cuantos más dispositivos con

|            | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización diferida de datos | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                   |
|------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|-------------------|
|            |                                       |                                  |  | Datos  | Voz (tiempo real) |
| Microondas | no recomendada                        | no recomendada                   | viable                                       | no recomendada                                   | no recomendada    |

Las microondas siguen siendo una tecnología viable, pero tienen que evaluarse caso por caso, tanto en términos de negocio como de desempeño (principalmente porque los efectos climáticos y la dependencia de la distancia de los enlaces de radio involucrados). El uso previsto se concentrará mucho en las aplicaciones de oficinas remotas, aunque también pueden usarse como retroceso para una tecnología de acceso de menor alcance, como WiFi, que podría utilizarse entonces para algunas aplicaciones de dispositivos portátiles. Esto último puede no ser viable por sí mismo, sino en conjunción con los recursos de datos de la oficina, lo que mejoraría mucho la perspectiva del negocio.

WiMAX se produzcan (como teléfonos móviles y computadoras portátiles con WiMAX) menor será el costo por unidad. Algo similar ocurre con la producción de estaciones base. En el caso de la banda sin licencia, el espectro aprobado es de 5,x GHz.

|   | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización diferida de datos | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                   |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|-------------------|
|   |                                       |                                  |  | Datos  | Voz (tiempo real) |
| WiMAX   | viable                                | viable                           | viable                                       | viable   | viable para VoIP  |
| <p>WiMAX es la menos desarrollada de estas tecnologías. Sin embargo, sus características óptimas (ancho de banda, capacidad, cobertura, latencia, calidad del servicio y costo) y la adopción de WiMAX como una tecnología de celular de 3G sugieren un grado de longevidad que puede durar hasta la tecnología celular de 4G. Las instalaciones comerciales en redes fijas, para ofrecer retroceso, son muy prometedoras (es decir, el desempeño en la práctica se acerca al punto óptimo); sin embargo, los próximos 6-12 meses determinarán si se puede decir lo mismo sobre las variantes celulares de WiMAX. No obstante, es probable que WiMax torne obsoletos a WiFi, LMDS y MMDS.</p> |                                       |                                  |  |  |                   |

### Tecnologías por cable

La red simple de cobre es el medio tradicional para la transmisión de señales de voz y datos en el contexto del cable CC. La red de cobre está muy extendida por todo el mundo desarrollado y se trata por lo tanto de un medio barato y un costo “hundido” para la instalación de servicios. El principal servicio suministrado a través de cables de cobre ha sido tradicionalmente el POTS, que describe el servicio telefónico de voz que sigue siendo el medio básico para los hogares y los pequeños negocios conectados a la RTPC. Se trata del servicio de telefonía más fiable que existe y posee un grado de disponibilidad por encima del 99,999%. POTS usa un par de cables que van desde el intercambiador telefónico hasta el usuario final, alimentados habitualmente con -48V de corriente directa (DC, por su sigla en inglés) en el intercambiador. Los servicios incluyen un canal de voz bidireccional (dúplex completo), con una frecuencia de 300-3400 Hz (“adaptada” al oído humano); tonos de progreso de la llamada, como tono de marcación o de llamada; y marcación de abonado. Muchas características adicionales de las llamadas han evolucionado y se han hecho posibles a través de los POTS con el tiempo, como el buzón de voz, la identificación de llamadas, la llamada en espera, la marcación rápida, las teleconferencias, etc. Las señales de información se transmiten de dos maneras: mediante marcación por tono (relacionando multifrecuencias bitono con los números marcados) o marcación por pulso (secuencias de conexión y desconexión de corriente de DC relacionadas con los número marcados).

La **red digital de servicios integrados (RDSI)** es una manera de transmitir simultáneamente voz y datos a través de la línea de cobre, pero ha sido sustituida a efectos prácticos por el xDSL.

La **línea de abonado digital (xDSL)**, por su sigla en inglés) es una familia de tecnologías que ofrece transmisión digital de datos a través del par de cobre de una red telefónica local. La DSL usa señales de alta frecuencia (>25 KHz), mientras que los servicios normales telefónicos de voz usan señales de baja frecuencia (0–3,4 KHz). La tecnología requiere un filtro y un módem especial en las instalaciones del consumidor y un multiplexor de acceso de línea de abonado digital (DSLAM, por su sigla en inglés) en el intercambiador telefónico para separar la voz de los datos. La velocidad habitual de descarga del consumidor de servicios de DSL va de los 512 kbps a los 24 Mbps, dependiendo de la tecnología de DSL, las condiciones de la línea y el nivel de servicio aplicado. Los recientes avances tecnológicos sugieren que xDSL podrá alcanzar los 100 Mbps en un futuro cercano. Los servicios se configuran de manera simétrica y asimétrica. Los servicios simétricos son habitualmente menos comunes y su funcionamiento es más costoso y suele estar asociado con servicios para empresas, como el suministro de VoIP. Los coeficientes de contención son normalmente de 50:1 en el caso de los servicios para consumidores, mientras que los servicios para empresas pueden prestarse con un coeficiente de contención de 1:1. La tasa de transmisión de datos se degrada con la distancia del intercambiador; lo óptimo es una distancia de unos cuantos kilómetros como mucho, pero muchos factores pueden influir en la capacidad. Por lo tanto, la capacidad para soportar servicios de gran ancho de banda y poca latencia, como el video en tiempo real (o de hecho la VoIP), puede ser bastante imprevisible.

Las redes de **cable coaxial** también se usan para los servicios de televisión y de POTS. Han sido sustituidas en parte por redes de **híbrido de fibra óptica (HFC)**, por su sigla en inglés), que usan una combinación de fibra óptica y cable coaxial para ofrecer la capacidad necesaria para servir a gran número de clientes de televisión por cable.

|  | Transacciones de datos en tiempo real | Sincronización diferida de datos | Sistemas de TI de interfaz a oficina central | Acceso de los clientes al servicio de asistencia |                   |
|--|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|-------------------|
|  |                                       |                                  |  | Datos  | Voz (tiempo real) |
| xDSL   | viable                                | viable                           | viable                                       | viable   | viable para VoIP  |
| Las tecnologías de DSL cumplen los requisitos cuando se dispone de cable de cobre. Esto conlleva una dificultad importante en las áreas rurales, por lo que es posible que el DSL sólo sea realmente viable para las aplicaciones dentro de oficinas filiales de grandes centros (especialmente los sistemas de TI de interfaz a OC). En este caso, competiría también sobre todo con la tecnología de microondas. |                                       |                                  |  |  |                   |

Una **fibra óptica** es una superficie de cristal a través de la que se transmiten ondas de luz para comunicar señales digitales. Estas señales constituyen una alternativa de gran capacidad al cobre o las microondas. La fibra óptica es relativamente barata, pero su instalación puede ser cara, porque hay que colocarla bajo tierra o bajo el agua y, dependiendo de la distancia, es necesario instalar repetidores y amplificadores (que hay que mantener posteriormente). Una vez instalada, ofrece un sistema de gran capacidad y disponibilidad. La causa más común de las fallas es generalmente la excavación de tierras. La fibra óptica se usa principalmente para conectar elementos de la red e interconectar redes (de cable o inalámbricas, nacionales o internacionales) y sistemas de aplicación (es decir, servidores de video, PBX, etcétera). No se utiliza demasiado para la conexión de sistema de usuarios finales, excepto cuando un negocio pueda necesitar una conexión con gran ancho de banda de la red de área extensa (WAN, por su sigla en inglés). La proliferación de los contenidos multimedia de alta definición está promoviendo la instalación de redes de fibra hasta el nodo (FTTN, por su sigla en inglés) y fibra hasta el hogar (FTTH, por su sigla en inglés) en algunos municipios (en sustitución de las redes de HFC), pero el costo es significativo (debido sobre todo a la considerable instalación subterránea). Por lo tanto, el uso de fibra óptica no es directamente aplicable a las comunidades rurales en este momento.

### **Tecnologías de acceso inalámbrico de corto alcance**

Las tecnologías de acceso inalámbrico de corto alcance no tienen un amplio alcance y son nómadas por naturaleza. Normalmente ofrecen un entorno inalámbrico para el usuario o complementan otras tecnologías de acceso, y permiten la movilidad local cuando la principal tecnología no dispone de ella o el acceso local a un servicio o capacidad particulares.

**Fidelidad inalámbrica (WiFi, por su sigla en inglés) IEEE 802.11** es el nombre acuñado por la *WiFi Alliance* para la familia de normas IEEE relacionadas con las redes inalámbricas de área local. Se trata de tecnología de radiodifusión con un espectro sin licencia de 2,4 GHz o 5.8 GHz y un alcance normal de unos 100 m. La tecnología consiste en un punto de acceso inalámbrico (instalado de manera similar a una estación de radiodifusión, aunque en un escala mucho menor y más barata) y una tarjeta de datos inalámbrica (normalmente de la Asociación Internacional de Fabricantes de Tarjetas de Memoria de Computadoras Personales [PCMCIA, por su sigla en inglés] o equivalente integrada con una computadora de mesa o portátil). Las tasas de transmisión de datos varían en función de la subnorma específica (802.11a a 54 Mbps, 802.11b a 1 Mbps, 802.11n a >100Mbps), pero al usarse un espectro sin licencia, depende mucho del entorno local (paredes, materiales) y el efecto de las interferencias. Por lo tanto, se utiliza

habitualmente en entornos de consumidores, oficinas domésticas o pequeñas y *hotspot* para extender la red de banda ancha por cable (por ejemplo, por cable o xDSL) a un entorno inalámbrico.

Los principales problemas asociados actualmente con las redes WiFi siguen siendo la seguridad, la calidad del servicio (debido en parte a la interferencia y en parte a que no existe capacidad de priorizar los diferentes tipos de tráfico) y el consumo de energía de los dispositivos WiFi. Hasta ahora, el WiFi se ha utilizado para extender los servicios de datos; no obstante, la aparición de los teléfonos móviles en modo dual equipados con WiFi ha llevado a su uso para las llamadas de voz. También hay dispositivos independientes de WiFi, pero son relativamente escasos. Los dispositivos WiFi de modo dual ofrecen, por un lado, acceso celular normal y, por otro, llamadas más baratas de voz por IP. Esto último podría mejorar los precios de las llamadas de las empresas mediante tecnología VoIP. Existen mecanismos (subsistema multimedia IP [IMS, por su sigla en inglés] y acceso móvil sin licencia [UMA, por su sigla en inglés]) para la transferencia automática entre dos interfaces de radioeléctricos. Éstos podrían optimizar de hecho el uso de varias redes basadas en parámetros tales como la intensidad de la señal o el costo de las diferentes redes disponibles en un momento dado.

**Bluetooth IEEE 802.15.1** es un protocolo estandarizado de comunicaciones inalámbricas de corto alcance (no más de 100 m) diseñado por *Bluetooth Special Interest Group*. Permite la comunicación de banda ancha (hasta 3 Mbps) entre toda una serie de dispositivos electrónicos como computadoras o teléfonos móviles. Utiliza una banda ISM de espectro sin licencia (como WiFi) y no requiere una línea a la vista. Las versión 1 tendía a sufrir interferencias (especialmente de WiFi), pero la versión 2 ha mejorado mucho, con una tasa mayor de transmisión de datos, y la mayoría de los nuevos dispositivos están equipados con ella. *Bluetooth* puede usarse para voz y datos, una aplicación habitual de voz es cuando se utiliza teléfono móvil con un dispositivo de manos libres para la comunicación oral.

**Identificación por radiofrecuencia (RFID, por su sigla en inglés) ISO14443** es un método de identificación que utiliza identificadores y transpondedores muy pequeños, de hasta 0,05 mm<sup>2</sup>, para almacenar y obtener datos a distancia. La distancia de la comunicación entre el identificador y el lector correspondiente suele ser de unos pocos centímetros o no más de unos cuantos metros. La mayoría de los identificadores de RFID contiene al menos dos partes: un circuito integrado para el almacenamiento y el procesamiento de la información y una antena para recibir y transmitir la señal. Los propios identificadores pueden ser pasivos (sin batería), los cuales usan la energía generada por el campo electromagnético del dispositivo de lectura, o activos (con batería). RFID se usa cada vez más para aplicaciones



relacionadas con inventario, como las que utilizan actualmente códigos de barras; pero en el contexto de las IMF, se utilizan habitualmente para transmitir datos con seguridad de una tarjeta inteligente a otro dispositivo, como un teléfono móvil.

Las **comunicaciones de campo cercano** (NFC, por su sigla en inglés) ISO14443/18092/21481 se confunden con frecuencia con la RFID y tienen, de hecho, muchas similitudes. Los principios básicos antes descritos y articulados en ISO14443 son los mismos. Se trata principalmente de una extensión de ISO14443, que es la norma sobre tarjetas más próxima, en la que se combinan la capacidad de una interfaz de tarjeta inteligente y un lector en un solo dispositivo. Sin embargo, las NFC se centran específicamente en el teléfono móvil y tienen un alcance mucho menor (normalmente unos centímetros y nunca más de 20 cm) y un tiempo de establecimiento mucho más corto. Se está aplicando a *Bluetooth* para automatizar el establecimiento de la “agrupación por pares” y hacer que el servicio para el usuario sea rápido y sin contratiempos. No dispone de mecanismos de seguridad, por lo que es posible el espionaje y la piratería, a no ser que la aplicación utilizada cuente con un mecanismo de seguridad de extremo a extremo.

**Infrarrojo** es una tecnología de comunicación de corto alcance entre módulos periféricos informáticos, aparatos electrónicos y dispositivos como teléfonos móviles. Estos dispositivos cumplen habitualmente las normas de la Asociación de Datos en Infrarrojo (IrDA, por su sigla en inglés). Los controles remotos y los dispositivos IrDA utilizan diodos poliméricos fotoemisores (LED, por su sigla en inglés) para transmitir una radiación infrarroja a través de un haz. El haz se modula (es decir, se enciende y apaga) para codificar los datos. El receptor utiliza un fotodiodo de silicón para convertir la radiación infrarroja en una corriente eléctrica. Sólo responde a la señal de pulsación rápida creada por el transmisor y la filtra despacio para cambiar la radiación infrarroja de la luz ambiental. Para el buen funcionamiento es necesario que el emisor apunte directamente, o casi directamente, al receptor. El infrarrojo no penetra las paredes y, por lo tanto, no interfiere con otros dispositivos de las habitaciones adyacentes, pero también tiene un alcance y una capacidad limitados. Aunque muchos dispositivos móviles siguen contando con esta tecnología, está siendo reemplazada gradualmente por *Bluetooth*.

La **banda ultra ancha** (UWB, por su sigla en inglés) IEEE 802.15.3 es otra tecnología dentro de la categoría 802.15 (que cubre las redes inalámbricas del área personal). UWB cuenta con una tasa máxima de transmisión de datos de 480 Mbps en distancias muy cortas, normalmente varios metros. Es probable que utilice un espectro de algunos GHz; sin embargo, todavía no se ha completado su estandarización. Podría sustituir a *Bluetooth* a

largo plazo, especialmente como aplicación con gran ancho de banda para entornos privados en los que habría que transmitir contenidos multimedia dentro del hogar. En este momento, su uso no es realista para las aplicaciones de IMF.

### *Resumen de la evaluación*

En el Cuadro 2 se puede observar un resumen de los tipos de requisitos de las aplicaciones y una comparación de las diferentes tecnologías de acceso. Los parámetros de las características deben revisarse teniendo en cuenta las aplicaciones específicas para las IMF, para poder reevaluar la idoneidad y la viabilidad comercial de las tecnologías de acceso. Los datos ofrecidos deben servir de guía, y no deben considerarse definitivos, porque estas características pueden variar enormemente en función del proveedor de servicios, y los diseños específicos de las aplicaciones de IMF pueden conllevar requisitos significativamente diferentes.

Desde el simple punto de vista de la viabilidad técnica, en el cuadro se observa que existen varias tecnologías capaces de ofrecer soluciones de conectividad rural. Se hace claramente hincapié en el uso de una tecnología de acceso que sirva para todos los aspectos del conjunto de las aplicaciones de una IMF concreta, porque esto simplifica el desarrollo de la aplicación para el cliente y el servidor, y reduce, por lo tanto, el costo de la solución. Sin embargo, en la práctica, las dificultades con la cobertura o las implementaciones del proveedor de servicios podrían impedirlo.

*David Bridge es consultor independiente sobre empresas y tecnología.  
Ignacio Mas es asesor principal del Programa de Tecnología del CGAP.*

**Cuadro 2. Correlación de los requisitos de las aplicaciones de las IMF y las tecnologías de acceso disponibles con las características del servicio de conectividad**

| Características del servicio de conectividad                                  | Aplicaciones de IMF  |  |   |  |                                    |
|---|--|--|---|--|------------------------------------|
|   | Transacciones de datos en tiempo real                          | Sincronización diferida de datos                               | Sistemas de TI de interfaz a oficina central        | Acceso de los clientes al servicio de asistencia               |                                    |
|   |  |  |   | Datos  | Voz (tiempo real)                  |
| Ancho de banda  | <100 Kbps  | <100 Kbps  | <1 Mbps   | <100 Kbps  | variable                           |
| Capacidad   | <50 Kbytes por transacción                                     | <1Mbytes por sincronización                                    | <1 Gbytes por día                                   | <100 Kbytes por usuario  | variable                           |
| Cobertura y movilidad   | Nómada, en el lugar  | Nómada, en función de las necesidades                          | Fija  | Nómada   | Nómada                             |
| Latencia  | <500 ms  | <10 s  | <500 ms   | <500 ms  | <480 ms                            |
| Calidad del servicio  | coeficiente de contención 50:1 Disponibilidad>99,9%            | coeficiente de contención 50:1 Disponibilidad>99,9%            | coeficiente de contención 50:1 Disponibilidad>99,9% | coeficiente de contención 50:1 Disponibilidad>99,9%            | Gds<1% Disponibilidad>99,9%        |
| Satélite  | viable, establecimiento de llamada largo                       | viable, <i>borderline</i>                                      | viable, pero no recomendado <sup>4/</sup>           | viable, pero no recomendado <sup>4/</sup>                      | viable, pero no con VoIP           |
| Tecnologías de acceso por celular o móvil                                     |  |  |   |  |                                    |
| GSM   | 14,4 Kbps datos de circuito conmutado no óptimos <sup>1/</sup> | 14,4 Kbps datos de circuito conmutado no óptimos <sup>1/</sup> | inviable  | 14,4 Kbps datos de circuito conmutado no óptimos <sup>1/</sup> | viable, optimizada                 |
| %HSCCD  | viable, establecimiento de llamada largo                       | viable   | inviable  | viable   | inviable para VoIP                 |
| GPRS  | viable, buena tasa de transmisión de datos                     | viable, <i>borderline</i>                                      | inviable  | viable   | inviable para VoIP                 |
| EDGE  | viable   | viable   | viable  | viable   | inviable para VoIP                 |
| WCDMA   | viable   | viable   | viable  | viable   | viable para VoIP con HSDPA y HSUPA |
| CDMAOne   | 14,4 Kbps CPD no óptima/115Kbps bien                           | 14,4 Kbps CPD no óptima/115Kbps bien                           | inviable  | 14,4 Kbps CPD no óptima/115Kbps bien                           | viable, optimizada                 |
| CDMA2000 1xRTT  | viable   | viable   | inviable  | viable   | inviable para VoIP                 |
| CDMA2000 EV-DO  | viable   | viable   | viable  | viable   | viable para VoIP con Rev A         |
| Tecnologías de redes de inalámbricas de amplia cobertura y movilidad limitada |  |  |   |  |                                    |
| LMDS  | no recomendada con dispositivo portátil <sup>2/</sup>          | no recomendada con dispositivo portátil <sup>2/</sup>          | viable  | no recomendada con dispositivo portátil <sup>2/</sup>          | no recomendada                     |
| MMDS  | no recomendada con dispositivo portátil <sup>2/</sup>          | no recomendada con dispositivo portátil <sup>2/</sup>          | viable  | no recomendada con dispositivo portátil <sup>2/</sup>          | no recomendada                     |
| Microondas  | no recomendada   | no recomendada   | viable  | no recomendada <sup>3/</sup>                                   | no recomendada                     |
| WiMAX   | viable   | viable   | viable  | viable   | viable para VoIP                   |
| Tecnologías por cable   |  |  |   |  |                                    |
| POTS <sup>8/</sup>  | viable, no óptima  | viable, no óptima  | inviable  | inviable   | viable, optimizada                 |
| xDSL  | viable   | viable   | viable  | viable   | viable para VoIP                   |
| Tecnologías de acceso inalámbrico de corto alcance <sup>7/</sup>              |  |  |   |  |                                    |
| WiFi <sup>5/</sup>  | viable   | viable   | no recomendada <sup>6/</sup>                        | no recomendada <sup>6/</sup>                                   | <i>Borderline</i> viable para VoIP |
| Bluetooth   | viable   | viable   | viable  | viable   | viable                             |
| RFID  | viable   | viable   | irrelevante   | irrelevante  | irrelevante                        |
| NFC   | viable   | viable   | irrelevante   | irrelevante  | irrelevante                        |
| Infrarrojo  | no recomendada   | no recomendada   | no recomendada                                      | inviable   | inviable                           |

**NOTAS:**

“Viable” indica que la opción es técnicamente viable. Lo contrario indica que algunos criterios la hacen poco ideal.

<sup>1/</sup> Las transacciones pueden realizarse por medio de SMS o USSD; aunque puede ser problemático sin objetivos adecuados de desempeño del proveedor de servicios.

<sup>2/</sup> Estas tecnologías son más adecuadas para dispositivos de mesa que para dispositivos portátiles.

<sup>3/</sup> El sistema de microondas podría ofrecer un ancho de banda importante pero podría no ser ventajoso en función de los costos si no se le dan otros usos en el negocio, por ejemplo, WiFi y uso localizado en las categorías restantes.

<sup>4/</sup> El costo sería prohibitivo casi con total seguridad.

<sup>5/</sup> WiFi sólo es viable con una sistema de retroceso fiable, como por cable o WiMax. En este sentido, se puede clasificar como “sólo para uso localizado”.

<sup>6/</sup> WiFi no tiene el desempeño o la fiabilidad a corto plazo para soportarlo.

<sup>7/</sup> Las tecnologías de corto alcance sólo pueden usarse en puntos localizados, es decir, que pueden ser parte de la solución suponiendo que se está empleando también al menos otra tecnología de acceso.

<sup>8/</sup> POTS supone que el acceso a los datos es por marcación. No se tiene en cuenta el RDSI porque lo sustituye el xDSL.

