



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Las tesinas de Belgrano

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Informática

La tecnología WIMAX en el mercado Argentino

Nº 227

Franco Sebastián Oberti

Tutor: Carlos Said

Departamento de Investigaciones
Septiembre 2008

Índice general

Índice de tablas y figuras.....	3
Capítulo 1: Introducción.....	5
Objetivos de este proyecto.....	5
¿Cuáles son los conocimientos necesarios para entender este documento?	5
¿Por qué estudiar la tecnología WiMAX?.....	5
Capítulo 2: Presentación de la tecnología.....	6
Objetivos del capítulo	6
¿Qué es WiMAX?.....	6
¿Cuáles son las características principales de WiMAX?	6
¿Qué es IEEE 802.16 o WirelessMAN?.....	7
¿Qué es el WiMAX Forum?.....	8
¿Cuál es la diferencia entre WiMAX y IEEE 802.16?.....	8
¿Cuáles son los beneficios de un estándar?.....	9
¿Para qué puede utilizarse WiMAX?.....	10
¿Cuáles son las ventajas más importantes de WiMAX?.....	11
¿Cuándo estarán disponibles los productos WiMAX?	12
Capítulo 3: Descripción Técnica de WiMAX.....	13
Objetivos del capítulo	13
¿Cuáles son los elementos de una red WiMAX?	13
¿Qué rangos de frecuencias puede utilizar WiMAX?	15
¿Qué son los perfiles de sistema de WiMAX?	16
¿Cuáles son las diferentes versiones del estándar?.....	17
¿En qué consisten las transmisiones con y sin línea de vista?.....	17
¿Con qué tecnologías se relaciona WiMAX?	19
¿Qué tecnologías complementan o bien compiten con WiMAX?	20
¿Qué características técnicas posee WiMAX?	20
¿Qué son las capas de WiMAX?.....	21
¿Cuáles son las características de la capa MAC?	21
¿Qué características tiene la capa física (PHY)?.....	22
Capítulo 4: Planteo de Casos de Negocio.....	22
Objetivos del capítulo	22
Casos de negocio basados en la tecnología WiMAX.....	22
Elementos de una red WiMAX completa.....	23
Aplicaciones posibles de la red	24
Características distintivas de un mercado emergente.....	24
Características del mercado argentino de acceso a Internet	25
Planteo de casos de negocios.....	27
Consideraciones sobre las zonas geográficas	27
Consideraciones sobre servicios que se ofrecerán a los clientes	28
Descripción de los escenarios.....	30
Consideraciones sobre el plazo de adopción de la tecnología	31
Gastos operativos (OPEX)	31
Costos de capital (CAPEX)	32
Elementos del CAPEX: Infraestructura de Estaciones Base (BS)	32
Elementos del CAPEX: Equipamiento del usuario (CPE)	33
Elementos del CAPEX: Red del proveedor	34
Caso de negocios para escenarios U1 y U2 (Zona urbana)	35
Caso de Negocios para escenarios S1 y S2 (Zona Suburbana).....	36
Capítulo 5: Análisis de los casos de negocios.....	38
Objetivos del capítulo	38
Comentarios sobre los casos de negocio estudiados	38

Consideraciones en la evaluación de los casos de negocio	38
Consideraciones comunes a los casos de negocio urbanos	39
Análisis del Caso Urbano 1	39
Análisis del Caso Urbano 2	40
Consideraciones comunes a los casos de negocio suburbanos	41
Análisis del Caso Suburbano 1	41
Análisis del Caso Suburbano 2	42
Observaciones sobre los resultados	44
Conclusiones finales de los casos de negocio	44
Capítulo 6: Conclusiones del proyecto	45
Resultados del proyecto	45
Futuras líneas de investigación	45
El futuro de WiMAX	46
Capítulo 7: Fuentes de información y anexos	46
Fuentes de información	46
1) Páginas Web	46
2) Consultas personales	47
3) Documentos específicos	47
Anexo 1: Glosario	48
Anexo 2: Acrónimos utilizados	48
Índice de tablas y figuras	
Figura 2.1: Alcance de los estándares de la familia IEEE 802	7
Figura 2.2: Parte de la familia de estándares IEEE 802	7
Figura 2.3: Algunos de los miembros del WiMAX Forum hasta abril de 2005	9
Figura 2.4: Usos posibles de WiMAX	10
Figura 3.1: Esquema de una red WiMAX para el acceso a Internet	14
Figura 3.2: Uso del espectro en el rango de frecuencias de WiMAX	16
Tabla 3.1: Primeros perfiles de sistema de WiMAX	16
Figura 3.3: Modos de transmisión LOS y NLOS	18
Figura 3.4: Alcances máximos de los radios de transmisión según método usado	18
Figura 3.5: Diferentes estándares IEEE para redes inalámbricas	19
Figura 3.6: Comparación del ancho de banda y la movilidad de las tecnologías relacionadas a WiMAX	19
Tabla 3.2: Características principales de las tecnologías inalámbricas relacionadas con WiMAX ..	20
Figura 3.7: Capas de WiMAX	21
Figura 4.1: Elementos de una red WiMAX	24
Tabla 4.1 A: Evolución de los accesos residenciales de Argentina	26
Figura 4.2 A: Evolución de los accesos residenciales de Argentina	26
Tabla 4.1 B: Evolución de los accesos de organizaciones de Argentina	26
Figura 4.2 B: Evolución de los accesos de organizaciones en Argentina	27
Tabla 4.1: División demográfica considerada para los casos de negocio	28
Tabla 4.2: Precios de los servicios planificados	28
Tabla 5.1: Resultados del escenario urbano 1	39
Figura 5.1: Flujo de caja acumulado para el escenario U1	40
Tabla 5.2: Resultados del escenario urbano 2	40
Figura 5.2: Flujo de caja acumulado para el escenario U2	41
Tabla 5.3: Resultados del escenario suburbano 1	42
Figura 5.3: Flujo de caja acumulado para el escenario S1	42
Tabla 5.4: Resultados del escenario suburbano 2	43
Figura 5.4: Flujo de caja acumulado para el escenario S2	43
Figura 5.5: Comparación del flujo de caja acumulado en los casos de negocio	44

Capítulo 1: Introducción

Objetivos de este proyecto

El proyecto en cuestión consta de dos partes principales:

- 1) Presentación de la tecnología WiMAX: Características técnicas y usos posibles
- 2) Estudio de casos de negocio utilizando tecnología WiMAX en el mercado argentino.

En la primera parte se tratarán temas relacionados al funcionamiento, los componentes, las características principales y otros puntos necesarios para comprender el estándar WiMAX. Se verán algunas aplicaciones posibles de WiMAX y la relación de este estándar con tecnologías actuales. Al finalizar esta primera mitad del trabajo, formada por los capítulos dos y tres de este proyecto, el lector deberá estar en condiciones de entender que ventajas y aplicaciones tiene esta tecnología y cuales son los elementos de una red WiMAX así como el modo de interacción entre estos componentes. En estos capítulos la tecnología será analizada principalmente desde un punto de vista técnico u operativo.

La segunda parte, capítulos cuatro y cinco, se basará en algunos posibles casos de negocios ideados según las características de un mercado emergente como lo es nuestro país. Se identificarán cuales son los puntos a tener en cuenta a la hora de implementar una red WiMAX, se definirán segmentos de mercado posibles y se analizarán los resultados de los casos. En esta sección se hará referencia también a mercados desarrollados como el caso de EE.UU., pero únicamente a modo de contraste con la realidad argentina.

Los costos aproximados de implementar una red utilizando el estándar WiMAX y algunos precios de productos y servicios serán tratados de manera de comprender el aspecto económico de la tecnología. A diferencia de los primeros capítulos, en esta segunda parte del proyecto se analizará al estándar centrándose en el aspecto comercial o económico del mismo.

Finalizando esta sección se detallarán las conclusiones obtenidas al analizar una serie de casos de negocio representativos del mercado argentino, buscando responder si esta tecnología es económicamente rentable en nuestro país.

El capítulo siete, último del proyecto, estará compuesto por las conclusiones finales, posibles temas para continuar esta investigación y por algunas consideraciones finales del trabajo realizado.

¿Cuáles son los conocimientos necesarios para entender este documento?

Algunos conceptos y definiciones son necesarios para comprender mejor como opera este estándar y que implicaciones económicas puede ofrecer. Si bien existe una lista de acrónimos y un glosario en este mismo documento, algunos puntos no serán tratados en el proyecto y son necesarios para comprender el resto del documento. Entre los conceptos requeridos pero no incluidos en este trabajo se encuentran los siguientes:

- Transmisión inalámbrica: Características y aplicaciones.
- Fundamentos de las redes informáticas: Incluyendo el modelo OSI, características de las tecnologías y topologías existentes en las redes actuales.
- Tecnologías de acceso a Internet (especialmente las de "ultima milla" como ser DSL, cable o satélite) y el uso dado por los usuarios residenciales y corporativos.
- Conceptos de comercialización: Especialmente los relacionados a casos de negocio como ser el retorno de inversión, costos operativos (OPEX), costos de capital (CAPEX) depreciación de elementos, etc.

¿Por qué estudiar la tecnología WiMAX?

El estándar WiMAX fue elegido como tema de estudio de este proyecto por cumplir tres requisitos importantes:

- Se trata de una tecnología claramente relacionada a la informática y especialmente a las redes de computadoras, siendo esta ultima un área de mucho interés del autor
- El estándar se encuentra en una etapa ideal para ser analizada, esta atravesando su etapa inicial (casi no existen aplicaciones en la actualidad) pero se espera que su uso crezca notablemente en poco tiempo.
- La tecnología puede cubrir las necesidades de acceso a Internet de una porción considerable de la población que hoy día no tiene acceso a ese beneficio por estar localizada fuera del área de cobertura de las soluciones más comunes (caso muy frecuente en nuestro país).

Capítulo 2: Presentación de la tecnología

Objetivos del capítulo

En esta sección del documento se busca tratar, con un lenguaje sencillo, los fundamentos de WiMAX. Se explicarán las características más importantes, los usos posibles y los beneficios de esta nueva tecnología.

Durante este capítulo se evitarán términos técnicos puesto que se busca hacer una introducción tan simple como sea posible, dejando para secciones posteriores los aspectos comerciales o detalles técnicos.

¿Qué es WiMAX?

WiMAX es un acrónimo de “*Worldwide Interoperability for Microwave Access*” (Interoperabilidad global para el acceso de microondas), es un conjunto de tecnologías basadas en el estándar **IEEE 802.16** o “*Wireless Metropolitan Area Network*” (red inalámbrica metropolitana).

Ambos nombres, WiMAX y la propuesta del IEEE, hacen referencia al mismo concepto, un estándar que busca establecer un **protocolo de comunicación inalámbrica**, utilizado en **redes metropolitanas** (*Metropolitan Area Networks* o MAN) que opera a velocidades y distancias superiores a las que pueden lograrse con las tecnologías actuales. Así mismo, los promotores de este estándar buscan una **adopción masiva** del mismo, de manera de lograr una **reducción de costos** (por la producción en masa) y una **interoperabilidad** que simplifique y acelere el crecimiento de la tecnología.

Este estándar está pensado para ser usado por **usuarios residenciales o empresas**, puede brindar servicios tan distintos como el acceso de “última milla”¹ o la interconexión de torres de celulares y puede ser usado en entornos tan diferentes como ser un poblado rural y una gran ciudad.

Actualmente, se espera que el uso mayoritario de este protocolo sea el brindar **acceso de alta velocidad a Internet** a usuarios en zonas donde servicios como el xDSL, el acceso por cable o por satélite no estén disponibles por los costos de implementación. Algunos de los mercados más atractivos son aquellos compuestos por usuarios de Internet en áreas rurales o semiurbanas. En la práctica las características distintivas de WiMAX crearán seguramente nuevas aplicaciones, incrementándose estos aún más cuando la **versión móvil de WiMAX** (basada en el estándar IEEE 802.16e) sea una realidad.

¿Cuáles son las características principales de WiMAX?

Esta tecnología es del **tipo inalámbrico**, es decir que para la transmisión de los datos utiliza el aire y no un medio físico como un cable de cobre o fibra óptica². Entre los puntos a favor más destacados del estándar se encuentran la **flexibilidad de uso**, la **alta velocidad de transferencia**, el **rango de alcance**, la **seguridad de la información transmitida**³ y el gran apoyo por parte de empresas de todo el mundo que buscan fomentar este estándar a escala mundial y que persiguen una velocidad de adopción superior a la que se dio en tecnologías predecesoras (como WiFi o incluso los teléfonos celulares).

A diferencia de otras tecnologías existentes, WiMAX permite comunicar equipos a una velocidad de transferencia de hasta **70 Mbps** y tiene un alcance máximo de hasta **50 kilómetros**⁴. Como en todas las tecnologías inalámbricas, a mayor distancia entre los extremos, menor es la tasa de transferencia o velocidad, sin embargo en cualquiera de los casos, la diferencia de WiMAX con otras tecnologías inalámbricas es notable.

Cada una de las características y beneficios del estándar IEEE 802.16 serán ampliados más adelante en este documento, de manera que previamente puedan entenderse algunos conceptos necesarios para estudiar a fondo a la tecnología. En este punto, donde los detalles de funcionamiento aun no se han tratado, es suficiente con entender que WiMAX puede verse como, una extensión o una **versión mejorada y actualizada de redes inalámbricas como WiFi** (la cual está basada en el estándar IEEE 802.11).

1. En telecomunicaciones, los términos “última milla” o “último kilómetro” hacen referencia al tramo de una red que une a un cliente o usuario con un nodo o con la parte central de una red. Es decir que consiste en el medio necesario para conectar un cliente con la red que le brinda servicios. Usualmente se usan tecnologías como el cable de cobre (par trenzado), cable coaxial, ISDN o incluso fibra óptica.

2. Este tipo de redes, será referido durante el resto del documento como redes con cables o simplemente redes tradicionales (en contraposición a las más recientes redes inalámbricas)

3. Una comparación de las características de WiMAX versus otras tecnologías similares junto con la descripción de los elementos de un sistema de este tipo, puede encontrarse en el próximo capítulo.

4. Es importante destacar que la máxima velocidad de transmisión es aun teórica (ya que no existen aun equipos que estén operando a estas velocidades) y que se da a una distancia menor a 6 kilómetros. En este valor también influye la banda de frecuencia que se esté utilizando. Las bandas de frecuencias posibles y sus características más importantes se detallan en el capítulo siguiente.

¿Qué es IEEE 802.16 o WirelessMAN?

El IEEE 802.16 es un estándar de la IEEE que forma parte de un conjunto de recomendaciones de este instituto donde se tratan las **capas físicas y de enlace de datos del estándar OSI** de la *Internacional Standard Organization* o ISO. Este grupo de propuestas es conocido simplemente como la familia de estándares IEEE 802 y trata redes de tipo LAN, MAN y WAN. El objetivo de esta lista de estándares es definir las bases de las comunicaciones de computadoras de manera de simplificar y acelerar la adopción y utilización.

La parte 16 de este conjunto de propuestas es también conocida como WirelessMAN y es en ella en la que se basa la tecnología WiMAX. El nombre completo es **“Air interface for fixed broadband wireless access systems”** (interfase aérea para sistemas fijos de acceso inalámbrico de banda ancha) y trata tanto las capas físicas y de control de acceso al medio de los sistemas de acceso de banda ancha del tipo punto-multipunto.

Este estándar, originalmente publicado en el año 2002, esta dividido en varias partes de manera de cubrir las diferentes “versiones” del mismo. Cada una de estas ediciones de WiMAX describe un aspecto diferente de la tecnología y refleja cambios y mejoras a medida que esta va mejorando, por ejemplo IEEE 802.16d incluye la transmisión sin línea de vista y IEEE 802.16e a los dispositivos móviles como celulares, *laptops* o dispositivos móviles (comúnmente llamados “*palm size PCs*”)

En este trabajo se estudiarán principalmente las ediciones **802.16a y 802.16d**, orientadas a los **sistemas fijos o estacionarios**, es decir aquellos donde la posición de la base de transmisión y la estación del suscriptor o usuario no cambian durante el tiempo de conexión. Ejemplos de sistemas fijos son los sistemas inalámbricos hogareños como PCs, mientras que las *laptops* o celulares son del tipo móvil.

La figura 2.1 compara el modelo de referencia OSI completo frente al ámbito de los estándares de la familia IEEE 802.

WirelessMAN guarda una estrecha relación con el resto de la familia de protocolos 802, en la figura 2.2 se muestran alguno de los estándares de este conjunto y incluyendo los casos de aquellos que tengan un nombre comercial difundido como son *Ethernet*, *Token Ring* o *BlueTooth*.

Como puede verse, las bases de WiMAX fueron diseñadas por el mismo instituto que generó grandes otras tecnologías que hoy día son de uso global y ampliamente probados.

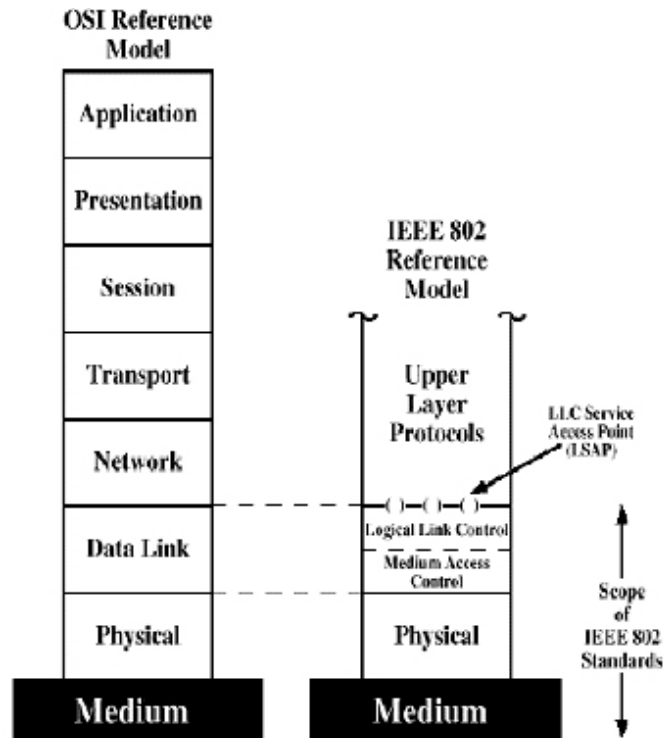


Figura 2.1: Alcance de los estándares de la familia IEEE 802 (Fuente IEEE)

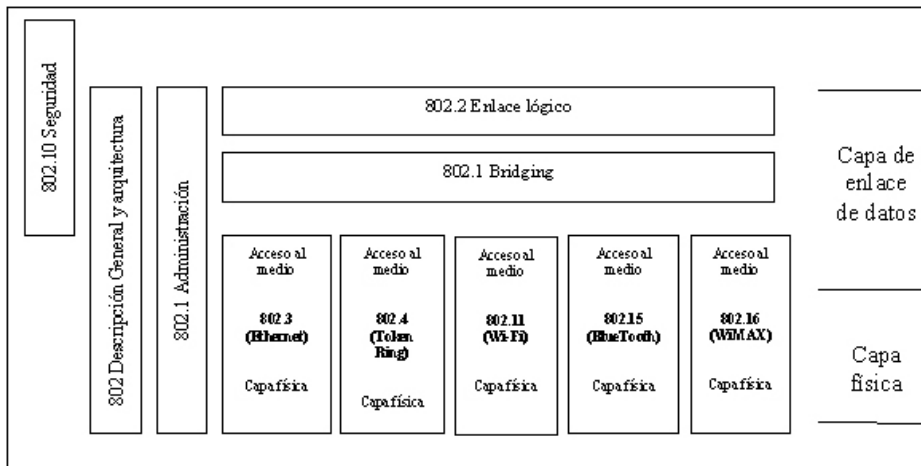


Figura 2.2: Parte de la familia de estándares IEEE 802 (Fuente IEEE)

¿Qué es el WiMAX Forum?

El foro WiMAX es una organización **sin fines de lucro** compuesta por empresas que buscan promover **el desarrollo, la utilización global y la interoperabilidad de redes inalámbricas basadas en el estándar IEEE 802.16**. Este grupo de empresas tiene varios objetivos principales entre los que podemos nombrar a los siguientes:

- Promover el uso del estándar IEEE 802.16
- Certificar el nivel de interoperabilidad de equipos de diversos fabricantes
- Aumentar la utilización y los usos posibles de las redes inalámbricas

El número de empresas que forman parte de este grupo de cooperación (**325 organizaciones en Septiembre de 2005**) crece día a día y es una muestra de la importancia que la comunicación por redes inalámbricas tiene hoy día.

Una de las formas de medir la importancia de este nuevo estándar es el hecho que **las empresas miembros del grupo pertenecen tanto a proveedores de acceso** (que desean brindar un servicio superior a sus competidores) **como a fabricantes de dispositivos** que desean fabricar los elementos de las redes del futuro, en ambos casos se trata de grandes empresas en el ámbito mundial. Podría afirmarse que en el inicio de la tecnología los proveedores de acceso son más importantes que los fabricantes, pues impulsan el uso del estándar, sin embargo, si las empresas fabricantes no aportan a este proyecto, la utilización a largo plazo no puede ser garantizada⁵.

La figura 2.3 contiene una serie de logotipos de las algunas de las empresas que desean fomentar el crecimiento del estándar formando parte del foro. Un punto importante a considerar es que no es necesario ser parte del foro para acceder a la **certificación de productos**. Esta etapa está hoy en día en proceso (fue **iniciada en Julio de 2005**), los equipos de las firmas interesadas, formen o no parte del foro, pueden ser evaluados y lograr la certificación si pasan las pruebas. Sin embargo aquellas compañías que forman parte de la organización pueden colaborar activamente en el desarrollo de las pruebas y en la promoción del estándar con lo cual se ven beneficiadas al obtener de primera mano, conocimientos sobre las posibles implementaciones.

Si bien **hoy día no existen productos con certificación WiMAX**, existen muchos productos auto-denominados "WiMAX ready" o "WiMAX compatible". Estos productos son producidos por empresas que forman parte del foro WiMAX y que desean adelantarse al resto de los competidores generando productos que podrán ser, en teoría, convertidos a productos certificados por WiMAX con un simple cambio de partes o una actualización del *firmware*.

¿Cuál es la diferencia entre WiMAX y IEEE 802.16?

Si bien se trata de conceptos muy distintos, suele existir confusión entre estos dos términos. **WiMAX es una organización sin fines de lucro**, una unión de empresas con un objetivo común. Por otra parte, **802.16 es un estándar de referencia** generado por la IEEE.

Ambos conceptos están relacionados, puesto que el foro WiMAX busca el desarrollo de redes basadas en el estándar de la IEEE. La mayor diferencia radica en que los intereses de los integrantes de ambos grupos son completamente distintos: los integrantes del foro WiMAX persiguen un **objetivo comercial** (el generar ventas de productos inalámbricos compatibles) mientras que la IEEE busca generar un estándar utilizado a escala global **sin preocuparse de la implementación ni las ventas**.

También podría decirse que la IEEE sentó las bases para generar un protocolo inalámbrico de características muy novedosas y que partiendo de esa recomendación, las organizaciones del foro WiMAX buscan explotar los beneficios económicos de la comercialización de esta tecnología.

Otra diferencia entre estas dos organizaciones es el tipo de miembros de cada una, en el caso del IEEE los integrantes son mayormente individuos que buscan colaborar con el desarrollo de nuevas tecnologías y a veces no están relacionados con ninguna entidad comercial; los miembros del foro WiMAX por otro lado, son organizaciones empresariales y tienen intereses muy distintos.

5. Como ejemplos de las formas de promover WiMAX pueden verse casos como el proveedor de acceso Tower Stream (<http://www.towerstream.com>) en las mayores ciudades de EEUU y de Intel (<http://www.intel.com/go/wimax/>). El primero busca el uso inmediato de la tecnología, mientras que el segundo espera que WiMAX sea parte importante de sus ventas recién en los próximos años.



Figura 2.3: Algunos de los miembros del WiMAX Forum hasta abril de 2005
(Fuente: WiMAX Forum)

¿Cuáles son los beneficios de un estándar?

Existen numerosas ventajas del uso de estándares, los cuales **favorecen tanto a fabricantes y vendedores** (interoperabilidad y menores variantes de la tecnología) **como a los usuarios finales** (la mayor disponibilidad y diversidad de proveedores, los menores costos y disminución de los riesgos de inversión).

Los principales puntos a favor de la estandarización son los siguientes:

Interoperabilidad entre vendedores: La aceptación y el desarrollo de un estándar sólido (más aun si existen **organismos encargados de la certificación** como en el caso de WiMAX) garantizan que existe una forma unívoca de determinar si dos equipos son compatibles y pueden interactuar sin inconvenientes. Esto permite que a la hora de definir un proveedor pueda seleccionarse de **una amplia gama de opciones** sin tener que preocuparse de la interconexión entre estos dispositivos. El no depender de unos pocos fabricantes disminuye los riesgos de inversión, mejora los costos y facilita la compra de equipos.

Menores costos: Al estandarizarse una tecnología y más aun si existe una gran interoperabilidad entre los distintos vendedores, los costos disminuyen principalmente por dos razones: **producción en masa y variedad de opciones de compra.**

El lograr la economía de escala en la producción de equipos certificados por WiMAX es un objetivo de empresas como Intel⁶, Lucent o Motorola y por proveedores inalámbricos por todo el globo, por lo que puede esperarse que el volumen de venta de equipos sea alto.

La variedad de proveedores es muy conveniente económicamente por la competencia que implica, y además trae aparejado enfoques distintos del negocio según los objetivos de cada vendedor con lo cual la oferta de servicios y productos beneficia al usuario final.

Rápido desarrollo de la tecnología: Al existir pocas variantes de la tecnología y una gran interoperabilidad, **se minimizan los riesgos económicos** de utilizar nuevas tecnologías. Las organizaciones pueden invertir en WiMAX pues están seguros de que todos los interesados en la tecnología persiguen los mismos fines y esto impulsa su crecimiento.

6. Uno de los mayores volúmenes de producción de dispositivos certificados con WiMAX será dado por Intel si sus planes se concretan. El objetivo de esta empresa es integrar en los microprocesadores de cada notebook, la compatibilidad con redes WiMAX tal como hoy lo hace con Wi-Fi (aproximadamente desde fines del 2006 en adelante)

Por otro lado, el que la lista de vendedores sea amplia permite a cada empresa **centrarse en el tipo de equipos más rentables** y donde mayor experiencia posee y no tener que fabricar toda la cadena de dispositivos⁷. Como resultado, es posible armar toda una red sin depender de tecnologías propietarias a la vez que se obtiene un rápido desarrollo de nuevos equipos.

Utilización global: Un estándar como WiMAX está diseñado para ser usado ante diversas regulaciones según el país o estado donde desee montarse una red de este tipo⁸. Esta tecnología puede **utilizarse en todo el mundo** y en los mercados más atractivos (como India o China) puede hacerse sin requerir licencias o permisos especiales.

Un estándar no sólo contempla los diversos escenarios, sino que además permite que entidades u organizaciones soliciten a las entidades reguladoras **cambios que favorezcan el desarrollo de la tecnología**. Uno de los cambios que podrían solicitarse mediante la existencia de un protocolo estándar es la designación de una banda de frecuencia como “no licenciada” es decir que no requiera del uso de licencias para su utilización. De esa manera los proveedores de acceso podrían utilizarla sin tener que abonar grandes cantidades de dinero por su utilización.

¿Para qué puede utilizarse WiMAX?

Una de las ventajas de esta tecnología es su versatilidad, como se dijo anteriormente puede cumplir una serie de funciones muy distintas y ser usada a escala global por grupos de usuarios heterogéneos. Una lista de usos más probables, pero no los únicos, es la siguiente:

Backhaul⁹ o interconexión de torres: Al tratarse de una tecnología inalámbrica y por ello de fácil instalación, mediante WiMAX pueden **interconectarse torres de teléfonos celulares, hot spots** o cualquier otro tipo de nodos con el segmento principal de una red corporativa. Este probablemente sea el **uso inicial de esta tecnología** pues las redes de teléfonos celulares y *hot spots* siguen expandiéndose y las tecnologías que utilizan cables de cobre o fibra óptica son más caras y requieren más tiempo de implementación que las del tipo inalámbrico.

Acceso de “última milla” (*last mile*): WiMAX es **una alternativa para la extensión de redes existentes**, ya sea para redes privadas o para acceso a Internet. La operación en conjunto de redes tradicionales e inalámbricas aprovecha lo mejor de ambos paradigmas al brindar la estabilidad y muy alta capacidad de redes de fibra o similares con la gran facilidad de instalación y muy bajo costo de las redes inalámbricas.

Un proveedor de acceso podría **ofrecer servicio a un nuevo cliente en horas a diferencia de los días o semanas que una red con cables requiere**, diferenciándose así de las demás ofertas en el mercado.

Acceso inalámbrico de banda ancha: Tanto sea para usuarios residenciales, pymes o grandes empresas, el acceso a Internet de alta velocidad es muchas veces una necesidad insatisfecha. Las dificultades más importantes con los servicios actuales más comunes como el xDSL, el cable o el acceso por satélite son el costo y la disponibilidad. Si bien el DSL y el cable tienen una alta velocidad de transmisión¹⁰ y un costo razonable, sólo **una pequeña fracción de los posibles usuarios se encuentra en áreas de cobertura** de estos servicios.

Uno de los puntos fuertes de WiMAX es poder brindar acceso de alta velocidad en lugares donde servicios como el DSL o el acceso por cable no son rentables por los altos costos de instalación. Los mejores ejemplos de estos casos son las **zonas rurales o las zonas semiurbanas donde no existe actualmente una red con cables**.

Conexiones temporarias: En los casos en que se requiera **acceso a una red corporativa o a Internet en forma provisional** (como una exposición o congreso) o bien cuando se desea **una alternativa de conexión para un vínculo existente** (enlaces de respaldo para conexiones críticas como bancos o entidades financieras) las redes inalámbricas son ampliamente superiores a sus pares tradicionales.

Existen casos donde las redes inalámbricas complementan a las redes que utilizan cables (como ser por motivos de criticidad de la información a transmitir) pero en la actualidad el uso de redes sin cables como única alternativa está creciendo.

En casos como laboratorios móviles, campamentos militares u obras en construcción, el instalar una red con cables tiene un alto costo en tiempo y dinero que impiden su uso. Es en situaciones como esta cuando WiMAX demuestra la **facilidad y rapidez de implementación**.

7. En otras palabras, si un fabricante está especializado en por ejemplo antenas o CPEs, puede fabricar sólo este eslabón de la cadena de elementos de un sistema WiMAX y olvidarse del resto. Esto permite que pequeñas empresas especializadas entren en el negocio y evita que este se limite a corporaciones con gran poder de fabricación.

8. Estas normas restringen el uso de las frecuencias de transmisión y serán tratadas en el capítulo siguiente

9. No es fácil encontrar una traducción para el término inglés “backhaul”. Dos posibles definiciones de este concepto son “interconexión de torres” o simplemente “red de transporte” es decir que el backhauling es la acción de transmitir datos entre torres de transmisión o bien desde un punto cercano al usuario final hasta un segmento de la red de mayor capacidad y más cercana al proveedor del servicio (conocido como *backbone* de red).

10. Los valores más frecuentes varían entre los 128 kbps y los 2048 kbps según el tipo de servicio contratado.

Usuarios móviles: Si bien el estándar 802.16e, que trata las redes móviles (utilizables desde teléfonos celulares, dispositivos de mano o similares) aún está en una etapa inicial, es esa característica, **la movilidad total, el mayor aliciente para la utilización de redes WiMAX** por usuarios residenciales.

Si los objetivos de los promotores de este estándar son cumplidos, con un mismo equipo será posible disfrutar de lo que suele llamarse “siempre con la mejor conexión” (“*always best connected*”¹¹) lo cual se traduce en la **selección automática de la red de menor costo disponible en cada momento**. En otras palabras, una integración entre las distintas alternativas de conexión existentes de manera de estar siempre conectado sin importar la ubicación.

Un ejemplo práctico del funcionamiento del servicio “*always best connected*” es el de un usuario que está utilizando su *notebook* para enviar mensajes instantáneos a un colega. Mientras se encuentra en su casa utiliza la conexión inalámbrica de su casa la cual está implementada mediante *WiFi* (es decir según el estándar 802.11). Luego, se dirige a su lugar de trabajo y durante el trayecto (sin intervención suya) la *notebook* termina la conexión con su red hogareña y la reemplaza por un acceso a Internet mediante WiMAX. Una vez que el usuario llega al destino, la red *WiFi* corporativa es detectada y el cambio se produce nuevamente.

Este tipo de transición entre redes puede incluso incluir redes que utilicen tecnologías que actualmente son usadas por teléfonos celulares, como ser GPRS o CDMA2000.

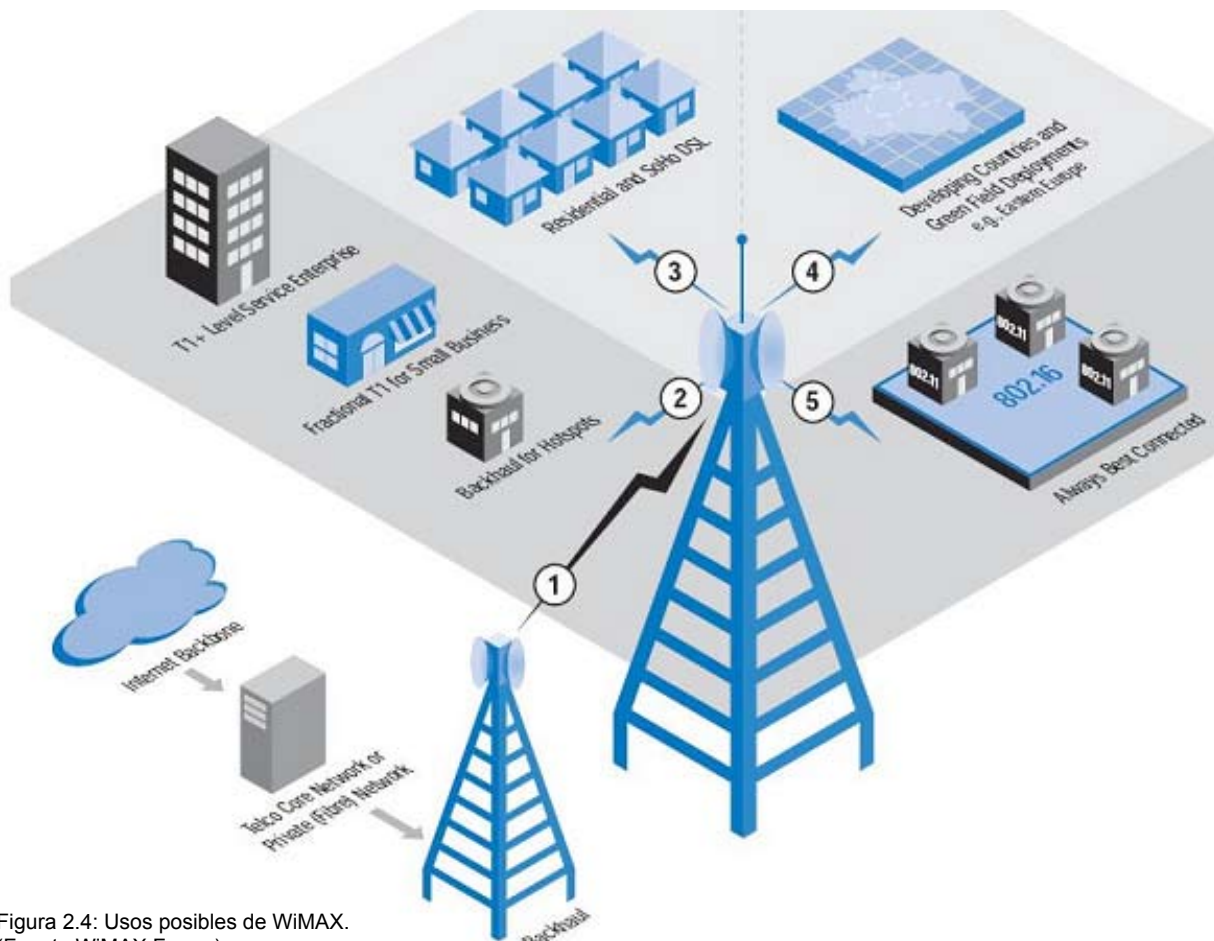


Figura 2.4: Usos posibles de WiMAX.
(Fuente WiMAX Forum)

¿Cuáles son las ventajas más importantes de WiMAX?

El estándar 802.16 se diferencia notablemente de las tecnologías inalámbricas actuales, sumando a los beneficios de este tipo de tecnología algunos de los puntos fuertes de las redes con cables. Las ventajas de este estándar pueden entonces dividirse según se compare a las redes inalámbricas y las con utilización de cables o si se compara a WiMAX con tecnologías inalámbricas similares.

11. El término “*Always Best Connected*” o ABC fue acuñado para definir la integración de redes inalámbricas en general y podría darse sin cambiar de tecnología pero accediendo a redes de distintos proveedores que hayan establecido convenios entre ellos. Algo similar ocurre entre redes de teléfonos celulares donde un mismo equipo puede alternar entre redes de distintos proveedores en forma automática.

Ventajas de las redes sin utilización de cables:

- Tiempo y costo de implementación: Una red que sólo requiere apuntar una antena hacia un nodo requiere unos minutos para implementarse; en el futuro incluso, podría ser tan simple conectarse a una red WiMAX como lo es hoy conectarse a un *hot spot* WiFi. En cualquiera de los casos, el ahorro de tiempo es considerable. Una instalación tradicional requiere a veces de obra civil para lo cual pueden ser necesarios permisos y personal especializado.
- Movilidad: Las redes inalámbricas permiten la reubicación del receptor con lo cual los usuarios no están limitados a un lugar determinado. En el caso particular de las redes basadas en el IEEE 802.16, esta ventaja es más evidente pues pueden aprovecharse las celdas que cubren un tamaño considerable, superior a las redes inalámbricas actuales¹².
- Ampliación de la red: Las redes que utilizan el aire para transmitir las señales únicamente requieren de una o más nuevas torres para ampliar el área de cobertura. En caso de aumentarse el número de usuarios en un determinado sitio, la instalación de nuevos equipos se hace en unos pocos nodos que son propiedad de los proveedores de servicio y no requieren habilitaciones especiales.

Ventajas de WiMAX sobre otras tecnologías inalámbricas:

- Estandarización: Una de los puntos fuertes de WiMAX es que será masivamente lanzada al mercado recién cuando la interoperabilidad entre proveedores este garantizada (a diferencia de WiFi que fue primero comercializada y luego se inició la estandarización). Esto se debe a que el foro WiMAX desea primero definir las pruebas de interoperabilidad que deben pasar los equipos antes de certificar a los mismos como compatibles WiMAX y comenzar su comercialización.
- Gran ancho de banda: WiMAX ofrece un ancho de banda superior a otras alternativas inalámbricas e incluso es capaz de brindar una velocidad superior a las ofrecidas actualmente por servicios mediante redes con cables. A modo de ejemplo puede indicarse que con una sola torre WiMAX es posible brindar servicios a cientos de usuarios corporativos o incluso miles de usuarios residenciales¹³
- Mayor cobertura geográfica: Las redes basadas en 802.16 son del tipo MAN (redes de área metropolitana) a diferencia de las redes LAN del estándar 802.11. El alcance de WiFi es de aproximadamente 100 metros, menos del 1% de los 70 Km. de WiMAX.
- Transmisión sin línea de vista: Si bien el alcance total se ve disminuido, WiMAX puede conectar usuarios finales que no tengan una línea de visión directa con la base de transmisión (es decir que existan obstáculos como árboles o edificios entre ellos).
- Características avanzadas: A diferencia de otras tecnologías anteriores, WiMAX fue pensada para implementar redes robustas y estables¹⁴, cuenta con características de seguridad desde su concepción y es capaz de brindar Calidad de servicio¹⁵ de manera de poder ofrecer conectividad a clientes con demandas de conexión diferenciadas, ventajas muy superiores a las que actualmente redes basadas en WiFi pueden brindar.

¿Cuándo estarán disponibles los productos WiMAX?

Como se indicó en este mismo capítulo, en el momento que se realiza esta investigación aún no se han realizado certificaciones WiMAX, por lo cual **hoy día no hay productos WiMAX estrictamente hablando**. Sin embargo, ya se han definido el laboratorio encargado de realizar las primeras pruebas de certificación y las fechas en que se llevarán a cabo. A su vez existen muchos productos diseñados principalmente por empresas miembro del foro WiMAX que están comercializando lo que suele llamarse productos “**listos para WiMAX**” (“*WiMAX ready*”) es decir aquellos que deberían ser fácilmente convertidos a la categoría de certificados WiMAX con un cambio de partes o de configuración. Estos productos son desarrollados por empresas que forman parte del foro y algunos casos ya salieron a la venta.¹⁶

El lanzamiento de productos con certificación WiMAX fue lanzado en **Julio del año 2005**. A partir de ese momento se están realizando las pruebas de certificación por lo que se espera que **entre noviembre**

12. A modo de ejemplo, una celda de 30 Km de radio cubre un total de más de 2800 Km² cuando el área de la ciudad de Buenos Aires es de sólo 202 Km² (es decir que podría cubrirse con una única torre con 8 Km de alcance).

13. Una descripción detallada de la capacidad de una torre será tratada en el capítulo siguiente, por el momento basta con decir que en su máxima capacidad, más de 420 Mbps pueden ser transmitidos/recibidos por cada torre de transmisión (considerando en este caso 6 canales).

14. El término en inglés para definir este tipo de tecnologías es “carrier class” y representa la posibilidad de brindar servicios de alta calidad a grandes números de usuarios, es decir que son orientados a ser usados por proveedores de servicios y no solo usuarios finales.

15. Del término inglés “*Quality of service*”. Este concepto permite diferenciar el tratamiento y la prioridad que se le dan a los distintos tipos de tráfico (por ejemplo dando mayor prioridad a transmisiones de voz que se dan simultáneamente con el envío de correo electrónico en un único vínculo de acceso)

16. Algunas empresas que ya trabajan con este tipo de productos son Alvarion (www.alvarion.com) con sus productos BreezeMAX y Alcatel (www.alcatel.com)

y diciembre de ese año se verán en el mercado los primeros productos comerciales. Estos productos serán los que tendrán garantizada (por parte del foro WiMAX) la interoperabilidad que es crucial para el desarrollo de la tecnología.

Este hito marca el comienzo de la **primera fase de la tecnología**, la cual esta orientada al lanzamiento de equipos que serán utilizados en forma fija con receptores para interior o exterior y con sólo unas pocas variantes de frecuencia de ancho de banda disponibles.

La **segunda fase** se enfoca en productos móviles como ser chips para laptops o dispositivos de mano que podrán acceder a redes privadas o a Internet en forma inalámbrica. Esta segunda fase es la que es a la vez más atractiva y más cuestionada puesto que si bien puede marcar un incremento muy importante en el uso de esta tecnología, también podría hacerse realidad en un momento en que otras tecnologías ya hayan captado una gran porción del mercado y por lo tanto no exista suficiente lugar para nuevas opciones.

Finalmente, el tiempo y el mercado definirán si WiMAX se posiciona como la mejor alternativa de acceso inalámbrico de banda ancha, o este termina siendo un proyecto tecnológico con poco éxito.

Capítulo 3: Descripción Técnica de WiMAX

Objetivos del capítulo

Este capítulo busca explicar las características técnicas más relevantes de WiMAX y comparar las versiones existentes del estándar. Se tratarán aquí características que en el capítulo anterior fueron dejadas de lado, o bien se ampliará la información que se dio hasta ese punto sobre algunos aspectos fundamentales (como el caso de las bandas de frecuencia disponibles o la descripción de los elementos de una red WiMAX).

Desde este punto en adelante, el tipo de lenguaje a utilizar cambiará notablemente puesto que es necesario utilizar un léxico más técnico y preciso para lograr explicar algunas de las características del estándar.

¿Cuáles son los elementos de una red WiMAX?

Una red basada en el estándar IEEE 802.16 está compuesta básicamente por **dos elementos**:

Una torre de transmisión (o base de transmisión) y **una o más estaciones receptoras** (o estaciones de abonado). Sin embargo, para comprender mejor como funciona una red WiMAX en su totalidad es necesario agregar otros elementos componentes de manera de poder mostrar un sistema completo y no solamente la parte que utiliza tecnologías del estándar 802.16.

La lista completa de partes de una red WiMAX utilizada para acceder a Internet está compuesta por los siguientes elementos:

- Una torre de transmisión (o base de transmisión)
- Una o más estaciones receptoras (o estaciones de abonados)
- El *backbone* de Internet (o sí se prefiere, simplemente Internet)
- La función de *Backhauling* (o la interconexión de torres)
- Señales de radio (radiofrecuencias), con su respectiva forma de transmisión y frecuencia.
- La red del proveedor de acceso a Internet

Una figura mostrando las interconexiones de estas partes dentro de una red modelo puede verse en la figura 3.1.

Torre de transmisión: Cada torre o estación de transmisión está encargada del **envío y la recepción de las señales de radio a otras torres** (lo que es denominado *backhauling*) **o a estaciones receptoras**. Las torres de transmisión son a veces denominadas nodos de la red y son propiedad y responsabilidad de los proveedores de servicios.

Las torres en cuestión suelen estar conectadas al *backbone* de un proveedor de acceso a Internet o a alguna red corporativa mediante enlaces de alta velocidad como ser anillos de fibra óptica.

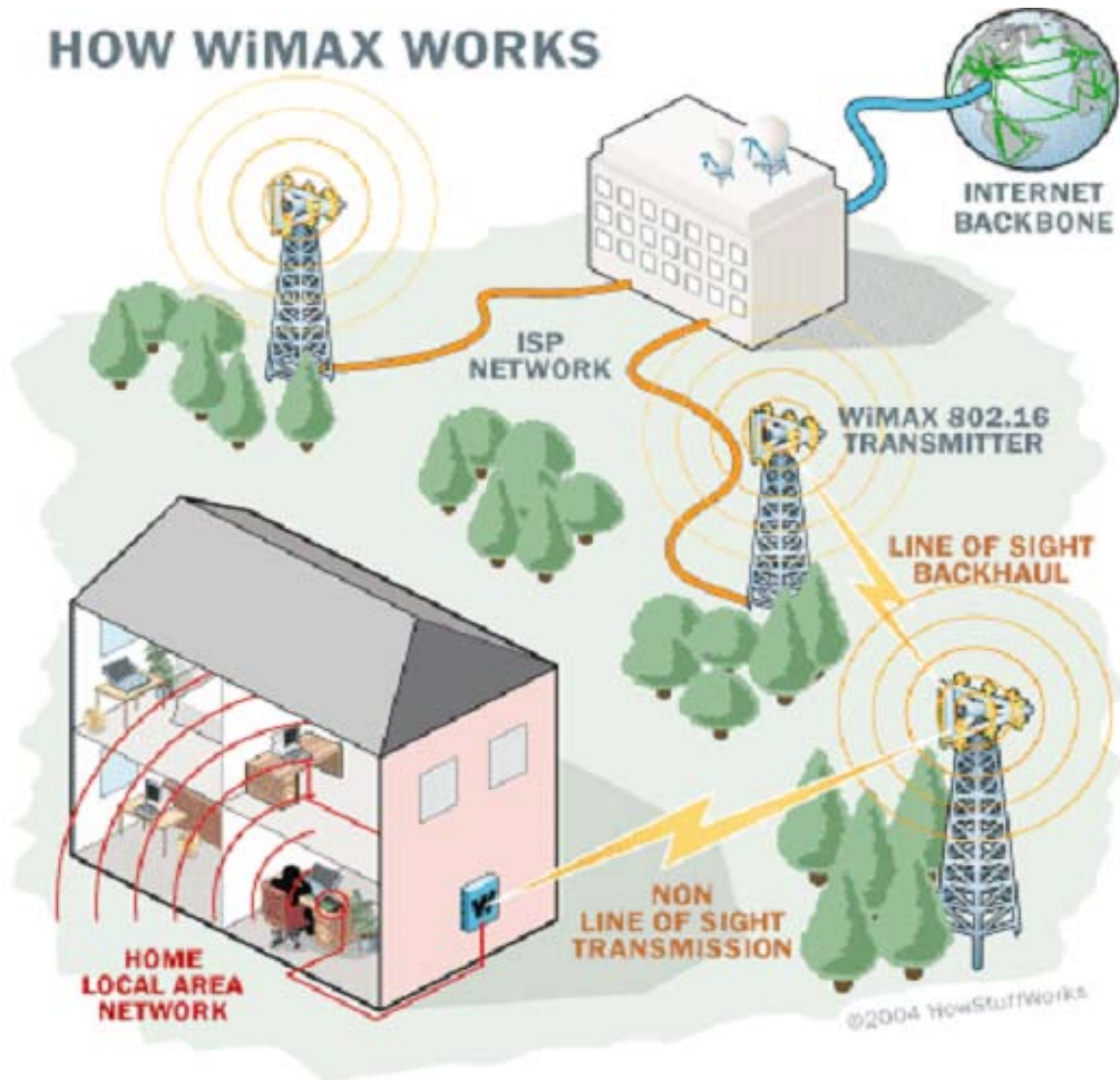


Figura 3.1: Esquema de una red WiMAX para el acceso a Internet
(Fuente: www.HowStuffWorks.com)

Estas torres suelen colocarse en lugares altos de manera de poder brindar una mayor cobertura con línea de vista (abreviada LOS por “*Line of sight*”). Como se verá en breve, la transmisión LOS es más eficiente que la llamada sin línea de vista o (NLOS por “*Non Line of sight*”).

Estaciones receptoras: Las **estaciones pueden ser internas** (ubicadas dentro de un hogar u oficina) **o bien externas**, es decir, colocadas tal como se instalan hoy día las antenas receptoras de radio o de televisión por satélite. En ambos casos se deberá contar con un equipo encargado de conectar a los dispositivos del usuario con la red del proveedor. A esta parte de la estación receptora se la denomina CPE (por *Customer Premise Equipment*) y se encarga de brindar al cliente el acceso a la red que le provee servicios. En las redes tradicionales que brindan acceso a clientes residenciales o empresas, para cumplir esta función suele usarse un *router*, un cable módem o un módem ADSL.

La segunda parte de las estaciones es la conformada por la antena receptora la cual está integrada al CPE en el caso de los equipos internos.

En una primera etapa de esta tecnología, las estaciones serán principalmente externas y tendrán probablemente una mayor dificultad de instalación que las futuras bases de recepción internas pues las primeras requerirán que las antenas sean instaladas por personal técnico especializado y que se orienten hacia las bases de transmisión. En cuanto a la movilidad, hasta tanto la tecnología avance lo suficiente, se podrá brindar servicio únicamente a estaciones fijas pero con el correr del tiempo surgirán estaciones portátiles y en última instancia estaciones con movilidad completa¹⁷.

17. Dentro de este mismo documento podrán verse algunas referencias a la evolución de WiMAX hacia la movilidad de las estaciones, sin embargo, tal como se indicó en el capítulo anterior, este trabajo está centrado en los estándares 802.16a y 802.16d y no tanto

Backbone de Internet: En este ejemplo se muestra el acceso a clientes WiMAX a Internet, por ello se lo incluye en la figura 3.1. En los casos que se utilice a la red con tecnología basada en el estándar 802.16 para acceder a una red privada o simplemente para interconectar dos puntos, el *backbone* de Internet (y posiblemente la red del proveedor de acceso) no formarán parte del esquema.

Backhauling o interconexión de redes: Una de las grandes posibilidades y probablemente uno de los primeros usos de la tecnología es de interconectar torres entre sí. Estas torres o bases de transmisión pueden ser tanto de celulares, redes privadas o torres WiMAX para acceso a Internet. Si bien la interconexión de torres no es un concepto nuevo, lo interesante de utilizar tecnologías basadas en el IEEE 802.16 es que puede lograrse una disminución de costos y un aumento del alcance de las torres al mismo tiempo que se obtienen características avanzadas. Algunas de estas opciones avanzadas son la posibilidad de brindar calidad de servicio o medidas de autenticación, muy necesarias para brindar servicios a clientes que utilizan tecnologías como VOIP o redes basadas en la suite de protocolos TCP/IP.

Señales de radio: Las señales de radio tienen varias características distintivas, las más importantes son el **modo de transmisión** (que puede ser con o sin línea de vista), la frecuencia que se utiliza (que en WiMAX puede variar entre 2 y 66 GHz y que a su vez pueden ser del tipo licenciado o no licenciado) y el **alcance de tienen estas señales** (la cual esta estimada en hasta 50 Km. si se dan condiciones ideales). Con relación a estas características nombradas, es posible lograr una determinada velocidad de conexión, la cual a su vez tiene otras particularidades (como se el grado de errores existentes o la velocidad de latencia)¹⁸.

Al ser un tema extenso y que requiere un nivel de detalle alto, las características de las señales arriba indicadas serán explicadas en forma individual en este mismo capítulo.

Red del proveedor de acceso a Internet: En el ejemplo elegido, la red WiMAX está siendo utilizada para brindar acceso a Internet por ello es necesario atravesar la red propiedad del proveedor de acceso para llegar al *backbone* de Internet.

Es importante destacar que existen más elementos que deben tomarse en cuenta a la hora de implementar una red de este tipo, como son el software o el hardware de autenticación de usuarios y de la red, las herramientas de manejo y administración, etc. Sin embargo, se detallaron y mostraron únicamente los elementos arriba indicados porque no es el objetivo de este trabajo plantear los requisitos para implementar una red desde su concepción, sino el comprender el papel de la tecnología WiMAX en una red completa.

¿Qué rangos de frecuencias puede utilizar WiMAX?

Las redes WiMAX pueden utilizarse en un **amplio rango de frecuencias que va desde los 2 GHz hasta los 66 GHz**¹⁹, de manera de poder adaptarse a las necesidades de cada proveedor o cada tipo de usuario al mismo tiempo que permiten cumplir las legislaciones existentes en cada país o área geográfica.

Como las regulaciones referidas al uso de frecuencias se definen internamente en cada país, existen importantes diferencias con respecto a las bandas o intervalos de ancho de frecuencias que pueden usarse en cada caso. En ciertos países una banda que puede considerarse como reservada para un uso específico, mientras que en otro esa misma banda podría ser del tipo no licenciada.

Si bien la clasificación de cada intervalo de frecuencias es competencia de cada país, en todos los casos podemos clasificar a estos intervalos dentro de uno de los dos siguientes grupos:

Licenciado: Este tipo de rangos de frecuencias requieren de la obtención de una **licencia o permiso especial otorgado por una autoridad competente** y permite a los autorizados a utilizar esta parte del espectro sin tener que compartirlo y por ello **sin tener que preocuparse por interferencias**. Es la mejor de las alternativas puesto que permite a la organización usuaria evitar problemas de interferencia con redes de terceros. Sin embargo, es también la más costosa ya que requiere el pago de usualmente altos tributos por el uso exclusivo de estas bandas.

No es posible definir globalmente cuales son los rangos licenciados, e inclusive se esperan cambios en las regulaciones de manera de reasignar partes del espectro que actualmente están en desuso o mal aprovechados a tecnologías en crecimiento como es el caso de WiMAX.

No licenciado: Este tipo de intervalo **no requiere del pago de primas o tributos al estado** para su utilización pero puede ser necesario el obtener un permiso de alguna entidad competente. Las bandas no licenciadas son muy atractivas para pequeños proveedores o empresas nuevas que no pueden adquirir rangos licenciados debido al alto costo. Otro de los usos frecuentes de este tipo de rangos se da en zonas

en la versión 802.16e (la cual corresponde a las estaciones móviles)

18. Tal como se indicó en el capítulo anterior, no se definirán ni tratarán aquí términos como estos puesto que el alcance de este trabajo no incluye conceptos de redes informáticas como los anteriormente nombrados.

19. Durante las primeras etapas de esta tecnología sólo se certificarán equipos que operen en las bandas de 3.5 Ghz y 5.8 Ghz. Puede consultarse la sección referida a perfiles de sistema en este mismo capítulo para más información al respecto.

poco pobladas o rurales donde las posibilidades de interferencia entre redes de empresas distintas son muy bajas. Al igual que en caso licenciado, las bandas no licenciadas no están estandarizadas a nivel global y son definidas país por país o región por región.

Esta categoría de frecuencia requiere que si dos o más proveedores de servicios WiMAX operan en la misma área geográfica, acuerden el uso de las frecuencias de manera de evitar interferencias entre sus redes

Debido a la diversidad de frecuencias utilizables para la transmisión de señales inalámbricas se hace evidente la importancia de la versatilidad de WiMAX para adaptarse a las condiciones regulativas o comerciales de cada país o región.

En la figura 3.2 puede verse una fracción del espectro con los respectivos usos que se le da a cada uno. Es importante resaltar que en algunos países ciertas frecuencias pueden tener un uso distinto a los aquí indicados.

¿Qué son los perfiles de sistema de WiMAX?

Los perfiles de WiMAX son un **conjunto de características** que debe cumplir cada equipo certificado por el foro WiMAX. Estas características o propiedades hacen referencia al **tipo de frecuencia a utilizar, al ancho de banda de cada canal y al tipo de multiplexación** (ya sea por tiempo o por frecuencia²⁰). Todos los equipos que deseen una certificación WiMAX deberán cumplir los requisitos de los perfiles de sistema correspondientes, pero se deja abierta la posibilidad a que algunos fabricantes agreguen, fuera del estándar, prestaciones o características propias consideradas necesarias por cada vendedor.

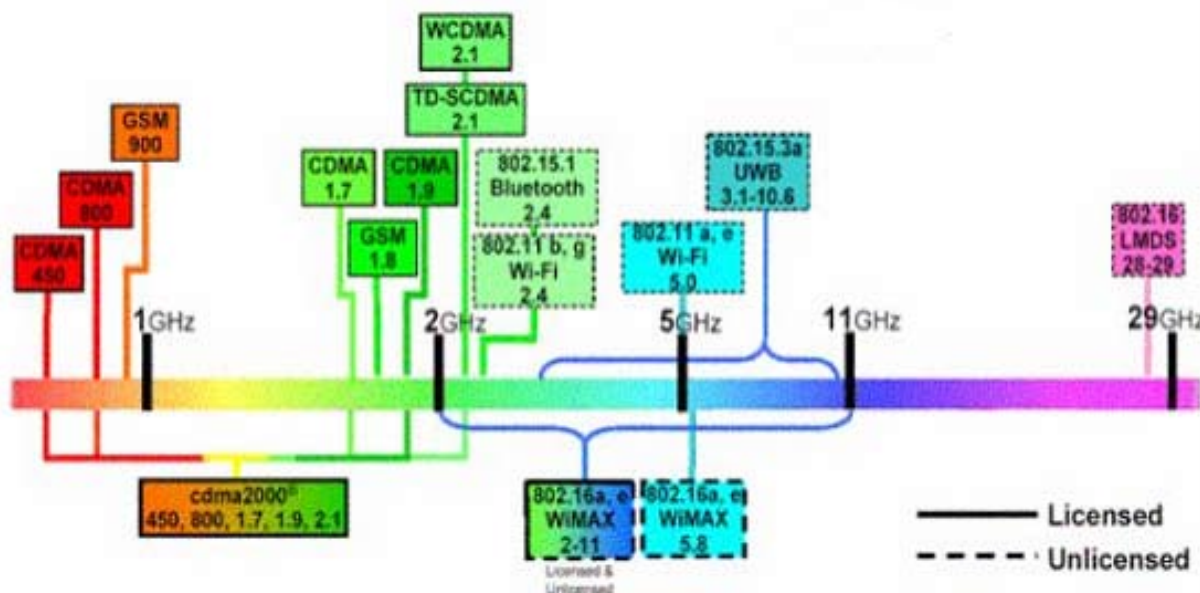


Figura 3.2: Uso del espectro en el rango de frecuencias de WiMAX (Fuente www.WimaxWatch.org)

Los primeros perfiles que se utilizarán son los indicados en la tabla siguiente:

Banda de frecuencia	Tipo de Multiplexación	Ancho de banda de cada canal	Nombre del perfil
3.5 Ghz	TDD	7 MHz	3.5 T1
3.5 Ghz	TDD	3.5 MHz	3.5 T2
3.5 Ghz	FDD	3.5 MHz	3.5 F1
3.5 Ghz	FDD	7 MHz	3.5 F2
5.8 Ghz	TDD	10 MHz	5.8 T

Tabla 3.1: Primeros perfiles de sistema de WiMAX (Fuente: WiMAX Forum)

20. La multiplexación por tiempo es conocida por sus siglas en inglés TDD (*time division duplexing*). Lo mismo ocurre con la división por frecuencia, cuyas siglas FDD hacen referencia a *frequency division duplexing*.

Con el tiempo irán surgiendo nuevos perfiles del estándar, pero por el momento, en pos de la estandarización y la rápida adopción del estándar solamente se utilizarán los arriba indicados.

¿Cuáles son las diferentes versiones del estándar?

Existen actualmente **cuatro versiones del estándar: 802.16, 802.16a, 802.16d y 802.16e**. Cada una de estas versiones se generó de manera de ir actualizando o ampliando las funciones de la versión anterior.

802.16: También conocida como 802.16-2001 por haber sido aprobada en diciembre de 2001. Define la comunicación de forma **punto-multipunto**²¹ en **bandas de frecuencia que van desde los 10 y hasta los 66 GHz**.

Esta versión sólo permitía la comunicación con línea de vista, lo cual evita que pueda utilizarse en los casos en que existan obstáculos entre una línea imaginaria que vaya desde el emisor hasta el receptor.

802.16a: Desde enero de 2003 en adelante el estándar fue ampliado de manera de aceptar frecuencias menores a las anteriores, la nueva versión agrega el **espectro ubicado entre los 2 y los 11 GHz** con lo que se permite también la **transmisión sin línea de vista** (NLOS).

Luego de estas mejoras, poco tiempo después surge el foro WiMAX lo cual aceleró notablemente el desarrollo de esta tecnología.

802.16d: Las especificaciones anteriores fueron **combinadas y organizadas** en esta revisión, también llamada 802.16-2004.

802.16e: Esta es la versión que más se diferencia del resto al tratarse de un agregado muy importante al estándar WiMAX: **la movilidad**.

Si bien este documento no está centrado en el uso móvil de dispositivos 802.16, esta propiedad es claramente importante puesto que será seguramente la que defina si el estándar WiMAX alcanza el éxito esperado por el foro o si simplemente se trata de una tecnología que queda limitada a servir como backhaul o interconexión de *hot spots* WiFi.

Esta característica del estándar es la que más desafíos técnicos implica porque deben tratarse cuestiones como el tiempo de retardo, el pasaje de un cliente de una celda a otra, la doble autenticación, etc. Como se dijo anteriormente, esta parte del estándar no será tratada en profundidad en este trabajo.

¿En qué consisten las transmisiones con y sin línea de vista?

Existen dos formas de transmisión inalámbrica cuando se considera el espacio existente entre el emisor y el receptor: con línea de vista (o LOS por sus siglas en inglés) y sin línea de vista (usándose regularmente el acrónimo inglés, NLOS).

La diferenciación es muy simple: cuando **no existen obstáculos en una línea recta imaginaria entre el emisor y el receptor**, se trata de una **transmisión con línea de vista** o LOS; en caso contrario se trata de una transmisión sin línea de vista es decir un caso de NLOS. Las obstrucciones a las que se hace referencia pueden ser árboles, edificios, montañas, elevaciones de terreno o todo otro elemento que se interponga y por lo tanto dificulte la transmisión entre los dos puntos del circuito. La figura 3.3 muestra ejemplos de los dos modos transmisiones existentes.

La transmisión del tipo **LOS es más simple** puesto que las señales viajan directamente entre los extremos con lo cual la complejidad del sistema es menor. WiFi es una tecnología que trabaja de esta forma y por lo tanto no es posible utilizar este sistema para comunicar equipos que estén separados por edificios o alguna otra obstrucción similar.

WiMAX soporta, desde la revisión **802.16a**, la **transmisión sin línea de vista** por lo que su uso se hace mucho más atractivo y fácil de implementar. Existen, sin embargo, una serie de desafíos que el estándar debe resolver para poder brindar una comunicación dificultada por obstáculos en la trayectoria de la señal, los más importantes son las diferentes demoras de las señales, la atenuación de las mismas y la polarización.

Para evitar los problemas arriba descriptos, WiMAX posee varias soluciones complementarias.

Las técnicas utilizadas para evitar problemas de señales reflejadas o refractadas de NLOS son las siguientes:

21. Transmisión entre un emisor y uno o mas receptores

- Tecnología OFDM (multiplexación ortogonal por división de frecuencia)
- Sub-canalización
- Antenas direccionales
- Modulación adaptable
- Técnicas de control de errores
- Control de potencia

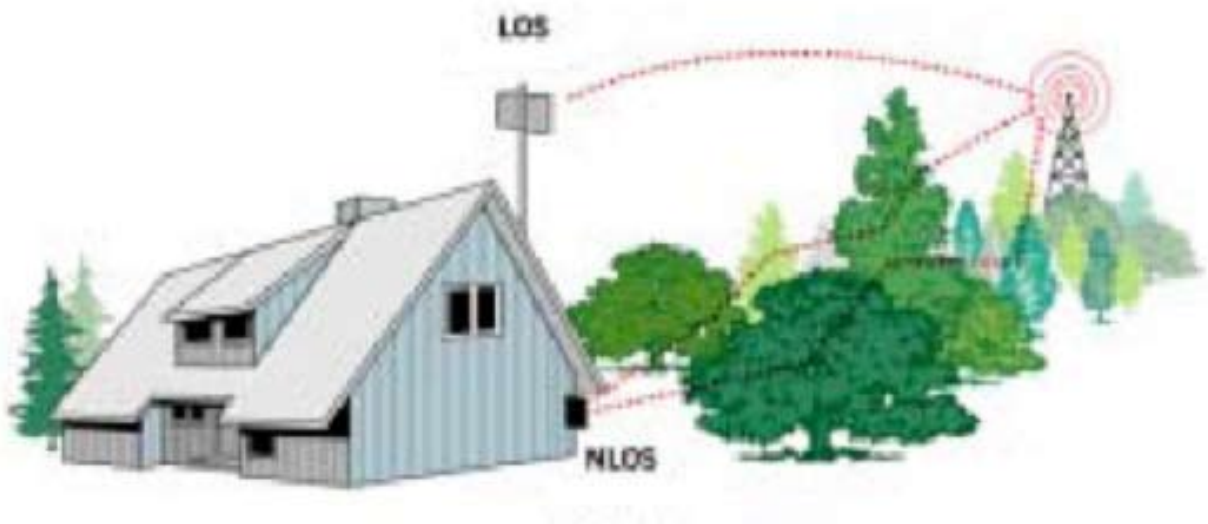


Figura 3.3: Modos de transmisión LOS y NLOS
(Fuente Wimax Forum)

Las diferencias más importantes entre las transmisiones LOS y NLOS son dos: **radio de alcance y forma de instalacion**. En cuanto a los radios de cobertura, el radio de alcance es mucho menor en el caso de NLOS debido a las dificultades antes nombradas. Esto afecta también la velocidad de conexión siendo la transmisión LOS mejor también en este aspecto.

En la figura 3.4 puede verse los diferentes radios de alcance máximo, desde una torre WiMAX, para los tipos distintos tipos de transmisión.

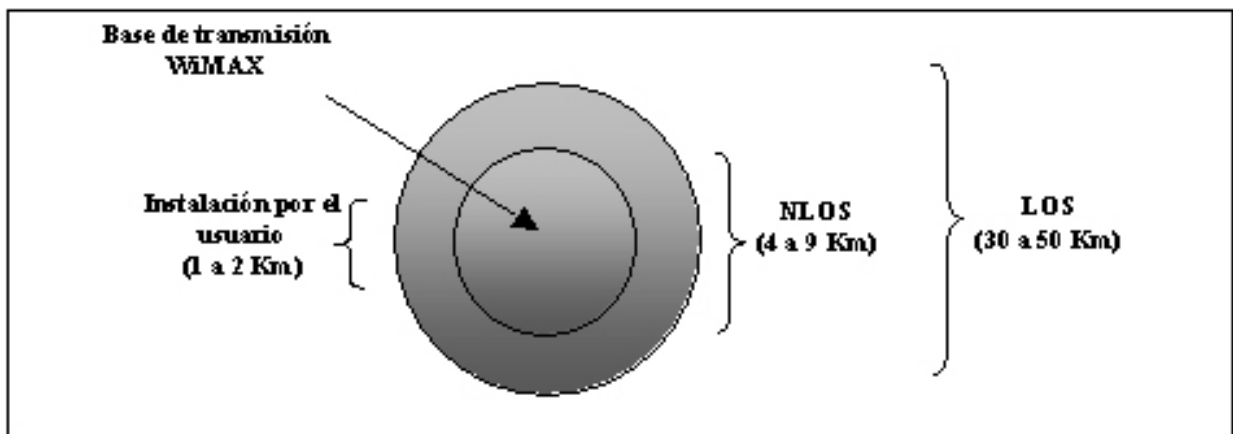


Figura 3.4: Alcances máximos de los radios de transmisión según método usado
(Fuente Wimax Forum)

La forma y los costos de instalacion sin embargo, son más convenientes en la transmisión sin línea de vista, esto se debe a que tener dispositivos receptores NLOS es mucho más práctico porque permite ubicar dichos elementos en interiores (sin recurrir a antenas exteriores) tarea que puede ser incluso realizada por el usuario final. Esto tiene una implicación económica directa, porque en los casos que son necesarias instalaciones externas, es imprescindible recurrir a personal capacitado.

No es posible definir que modelo es más conveniente, por el simple hecho que en algunos casos no es posible elegir entre ambos esquemas. En las zonas rurales, por ejemplo, es muy frecuente montar

pocas torres de transmisión y tener bases de recepción muy distantes, con lo cual la transmisión LOS es a veces la única alternativa.

¿Con qué tecnologías se relaciona WiMAX?

Desde su concepción, el conjunto de estándares 802.16 fue pensado para interactuar con otros estándares del IEEE de manera que no existan solapamientos ni de dejar espacios vacíos entre las necesidades de las redes actuales. Como puede verse en la figura 3.5, WiMAX está pensado principalmente para prestar servicios de acceso inalámbrico a redes del tipo MAN, trabajando conjuntamente con las redes inalámbricas LAN (atendidas principalmente por WiFi) y completando el esquema con *BlueTooth* que es la tecnología existente para las redes PAN.

Por otro lado, las redes 802.16 pueden operar interconectando *hot spots* WiFi o incluso haciendo las veces de *backhauling* de torres de celulares trabajando con tecnologías como 3G, 3.5G o similares.

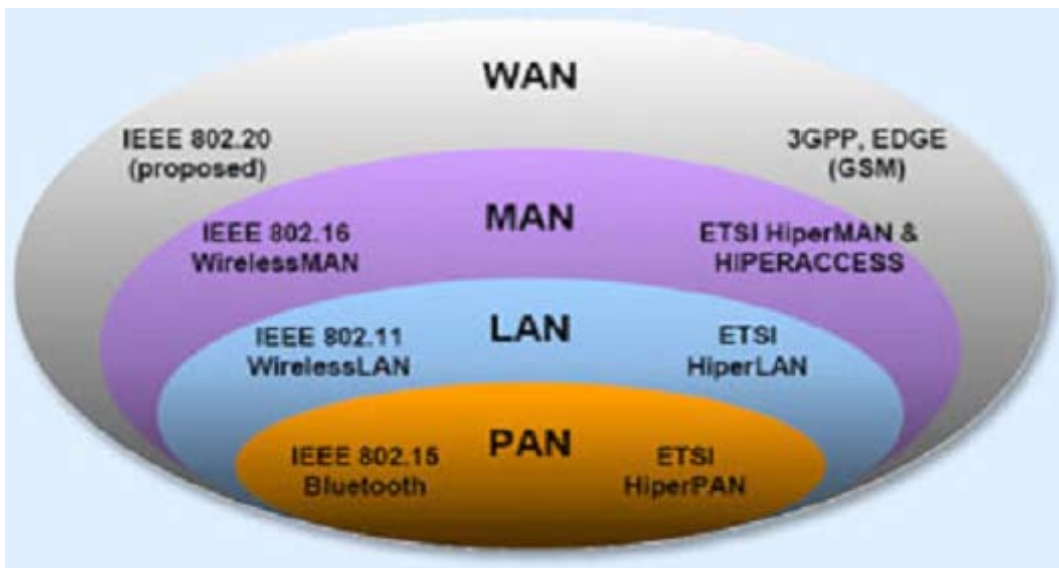


Figura 3.5: Diferentes estándares IEEE para redes inalámbricas (Fuente WiMAX Forum)

En cuanto a la posibilidad de movilidad y al ancho de banda de tecnologías relacionadas a WiMAX, puede consultarse la figura 3.6 donde se comparan estos dos parámetros para las tecnologías actuales más importantes.

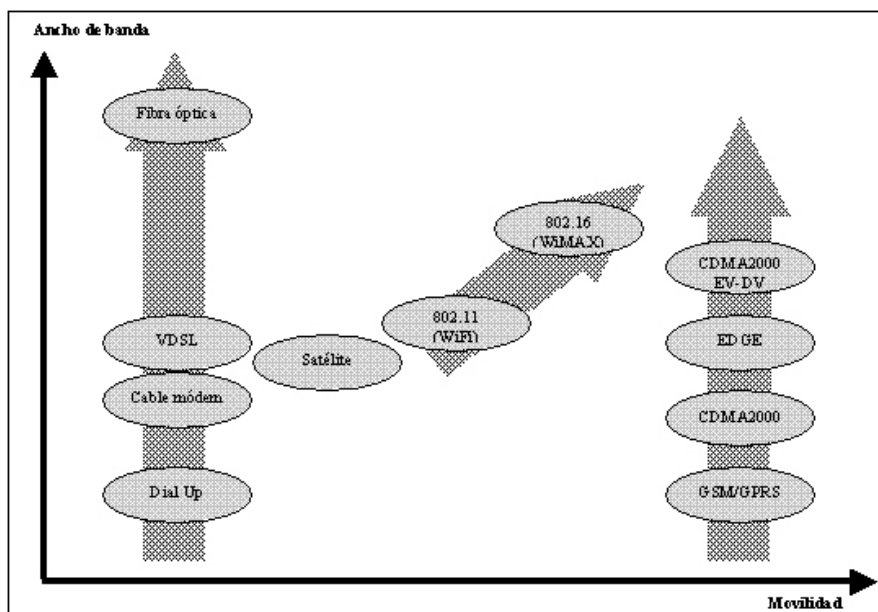


Figura 3.6: Comparación del ancho de banda y la movilidad de las tecnologías relacionadas a WiMAX (Fuente Alcatel)

Como puede verse en la figura anterior, la tecnología WiMAX posee simultáneamente dos ventajas, la alta velocidad de transmisión de las tecnologías como el xDSL o el cable módem a la vez que se puede aprovechar la movilidad típica de las tecnologías inalámbricas como el CDMA2000, EDGE, usualmente utilizadas en teléfonos celulares.

¿Qué tecnologías complementan o bien compiten con WiMAX?

Existen tecnologías que brindan servicios similares a los que serán ofrecidos por WiMAX y en ese sentido podría decirse que “compiten” con esta pues tratan de resolver las mismas necesidades. Por otro lado hay tecnologías que trabajan en forma conjunta con el estándar IEEE 802.16 complementándose mutuamente y formando una sinergia provechosa.

Entre las tecnologías que operan en conjunto con WiMAX debe destacarse principalmente a WiFi ya que una de las primeras aplicaciones de IEEE 802.16 probablemente sea la de hacer *backhauling* de *hot spots* y de torres de celulares. Gracias a su amplio rango de cobertura, WiMAX se convierte en una alternativa excelente para la ampliación de redes de celulares o para brindar acceso a Internet a lugares que cuenten con puntos de acceso inalámbricos.

Por otro lado, tratando de atender las mismas necesidades o a clientes con requerimientos similares, tenemos a tecnologías de comunicación inalámbrica que existen hoy día y que se ven amenazadas por la versión 802.16e (móvil) de WiMAX entre estas principalmente se encuentran CDMA2000 y GSM que deberán disputar su territorio con la versión móvil de WiMAX. Por último, la tabla 3.2 muestra algunas de las tecnologías relacionadas con WiMAX tanto como competidores como aquellas que operan complementándola.

Tecnología	Ancho(s) de banda disponible(s)	Transferencia máxima de datos	Relación máxima de Bps por Hz.	Rango de alcance
802.11a	20 MHz	54 Mbps	~2.7 bps/Hz	100 metros
802.16d	1Entre 2 y 66 Ghz	70 Mbps	~5 bps/Hz	50 kilómetros
EDGE	200 KHz	384 kbps	~1.9 bps/Hz	Pocos Km.
CDMA2000	1.25 MHz	~2 Mbps	~1.6 bps/Hz	Pocos Km.

Tabla 3.2: Características principales de las tecnologías inalámbricas relacionadas con WiMAX (Fuente Intel Capital)

¿Qué características técnicas posee WiMAX?

Para describir las características del estándar 802.16 es primordial explicar primero, con más detalle que el usado en secciones anteriores, a las partes del sistema y sus funciones. Siguiendo la terminología típica de las redes inalámbricas, podemos dividir a un sistema WiMAX en dos partes:

- La base o torre de transmisión (en inglés conocida como **BS** por *Base Station*)
- La estación del abonado o cliente, también llamado simplemente receptor (conocida como *Subscriber Station* o **SS**)

En WiMAX es posible conectar una o más SS con cada BS, lo cual puede hacerse tanto en forma punto a punto (o **P2P** por *point-to-point*) o bien punto-multipunto (o **P2MP** por su nombre en inglés, *point-to-multipoint*). En el primer caso, donde se aumenta considerablemente el rango de alcance, suelen usarse antenas del tipo direccional o sectorial. En cambio en el segundo caso, con la topología tipo malla pueden usarse antenas omnidireccionales las cuales, a diferencia de las antenas unidireccionales, no requieren orientarse hacia las BS.

Siguiendo con las características de las antenas del sistema, las mismas pueden ser fijas (usualmente montadas en techos o aleros) o bien de menor tamaño que las anteriores y portátiles como en el caso de *laptops*, dispositivos móviles o en un futuro, de teléfonos celulares²².

Entre las características principales de los sistemas WiMAX podemos nombrar a las siguientes:

- Soporte de duplexación por división por de frecuencia (o **FDD** por *frequency division duplex*) y de duplexación por división de tiempo (*time division duplex* o **TDD**).
- Soporte de calidad de servicio o **QoS**
- **Servicio orientado a la conexión** para las capas superiores de la pila de protocolos.

22. Es importante recordar que en una primera instancia de la tecnología, sólo existirán estaciones de clientes (SS) del tipo fijo y con antenas exteriores. Más adelante está planeado el comenzar a utilizar antenas interiores (de mas fácil y rápida instalación) y finalmente comenzar a ofrecer placas que podrían incluso estar integradas en la placa madre o en un dispositivo portátil.

- Capacidad de conectar cientos de terminales por cada canal con múltiples usuarios por cada terminal²³
- Posibilidad de brindar servicios tales como TDM (para voz y datos), IP o Voz sobre IP (VOIP).

¿Qué son las capas de WiMAX?

Como se dijo anteriormente, el estándar IEEE sólo trata las dos primeras capas del modelo OSI es decir las capas física (abreviada PHY por su nombre en inglés) y la capa de acceso al medio (cuya abreviatura es MAC en inglés). Un sistema WiMAX utiliza obviamente a las demás capas del modelo OSI, pudiendo optarse para las capas superiores a los protocolos estándar más importantes (como ser ATM, IP o Ethernet). Existe además, la posibilidad de utilizarse tanto para tráfico por ráfagas como al tráfico continuo de manera de poder servir a propósitos dispares como son el protocolo HTTP o VOIP.

En la figura 3.7, pueden verse cada una de las capas y subcapas del protocolo y una lista de tecnologías o protocolos relacionados con cada una de ellas.

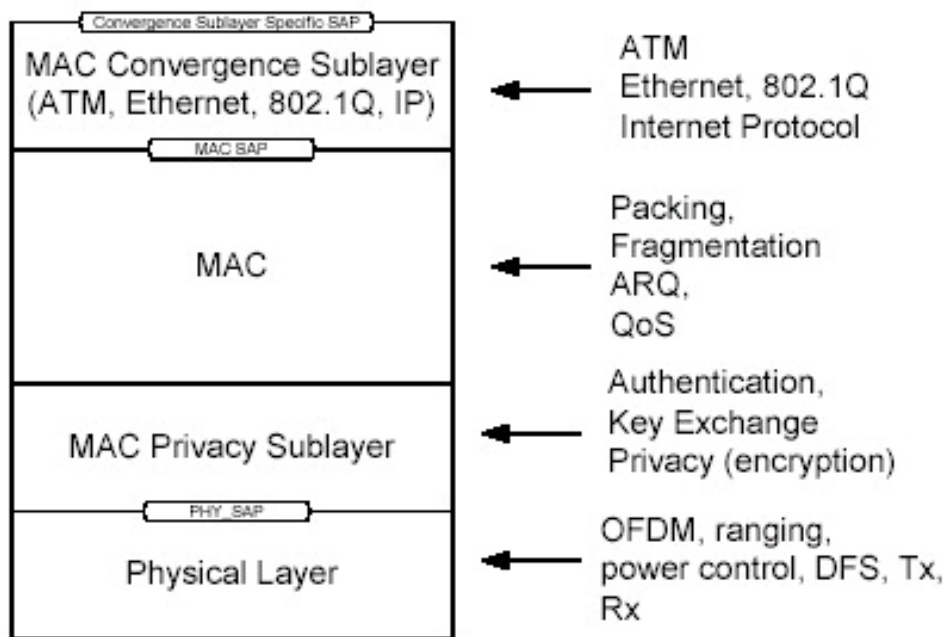


Figura 3.7: Capas de WiMAX (Fuente Intel)

¿Cuáles son las características de la capa MAC?

Esta capa fue pensada para brindar acceso inalámbrico punto-multipunto. Este protocolo cumple los requerimientos de altas velocidades de acceso tanto en forma saliente o “subida” (desde el abonado la base de transmisión) como en forma entrante o “bajada” (desde la base hacia el abonado). Es posible transmitir tanto ráfagas como en forma de continua y asignar a estos servicios QOS de manera de asignar mayor ancho de banda a ciertos servicios considerados de mayor prioridad.

La capa MAC también debe ser capaz de soportar cierta funcionalidad de interconexión de torres o *backhauling*, por lo que es necesario que sea capaz de transferir datos de formar asincrónica (ATM) o que pueda trabajar con protocolos basados en paquetes.

Subcapa de Convergencia: Se encarga de vincular tráfico específico de la capa de transporte con la capa MAC. Mediante mecanismos avanzados como la supresión de encabezados, empaquetado y fragmentación, busca aumentar la eficiencia del transporte.

Subcapa de Privacidad: Permite la autenticación del acceso a la red y el establecimiento de la conexión de manera de evitar el robo de servicios. Adicionalmente provee un intercambio de llaves que permiten el cifrado, aumentando así la privacidad de los datos.

23. Este es uno de los ejemplos de los servicios del tipo “carrier class” que es requerido si se desea brindar acceso a empresas, institutos educativos, etc.

¿Qué características tiene la capa física (PHY)?

Debido a la topología punto-multipunto del protocolo IEEE 802.16, la BS transmite **señales TDD**. Sin embargo, el tráfico saliente (hacia el BS) se hace mediante la técnica de acceso múltiple por división de tiempo (**TDMA** por sus siglas en inglés).

Cuando se transmite usando duplexación por división de tiempo (TDD) los datos salientes y entrantes comparten un canal pero no se transmite en forma simultánea (modo “*duplex*”). En el caso que se utiliza duplexación por división de frecuencia (FDD) en cambio, los datos entrantes y salientes operan en canales distintos, pero pueden hacerlo en forma simultánea.

Una característica importante que permite diferenciar los servicios prestados a múltiples clientes, es la posibilidad de generar parámetros de transmisión (incluyendo la modulación y diferentes escenarios de codificación) diferenciándolos cliente por cliente.

Al tratarse de un protocolo que será usado globalmente, es posible definir los diversos valores de ancho de banda de los canales de manera de cumplir regulaciones acordes al lugar donde se lo utilice²⁴.

Capítulo 4: Planteo de Casos de Negocio

Objetivos del capítulo

Durante esta sección del proyecto se estudiarán algunas posibles aplicaciones de la tecnología y se planteará la viabilidad de diversos casos de negocio en un mercado en desarrollo como el de Argentina. Se tratará de determinar que electos clave debe considerar un proveedor que busca ofrecer acceso a Internet de alta velocidad a diversos tipos de clientes, en diferentes áreas geográficas.

Se busca minimizar el uso de términos específicos de comercialización así como las formulas complejas debido a tratarse de un documento orientado a un lector principalmente técnico y con conocimientos de comercialización básicos.

En capítulos anteriores se explicaron los elementos de una red WiMAX desde el punto de vista técnico, centrándose principalmente en su funcionalidad. En esta sección se estudiará ese mismo tipo de red pero con un enfoque distinto: el económico-comercial. Se analizará como se ven afectadas las decisiones comerciales y de contratación debido a las características de cada una de las partes de un sistema WiMAX.

Para finalizar se plantearán cuatro casos de negocio, diferenciándose en la zona demográfica donde se instale la red y el tipo de cliente atendido. Estos ejemplos de uso buscan determinar si WiMAX es una tecnología económicamente viable en el mercado argentino actual. En el capítulo siguiente se analizarán los resultados de estos casos de negocio y se analizará la viabilidad o la falta de la misma para proyectos de este tipo en el mercado argentino.

Casos de negocio basados en la tecnología WiMAX

Una vez adquiridos los conocimientos técnicos básicos para entender como funciona una red basada en el IEEE 802.16, el paso siguiente en el análisis de una tecnología suele ser verificar estos conceptos en la práctica. Por ello, en este capítulo se analizarán cuales serian los resultados de una empresa que desee **proveer, a diversos tipos de clientes, de acceso a Internet de alta velocidad**. Se verán los problemas posibles, los desafíos a afrontar y algunas consideraciones importantes de manera de minimizar riesgos.

Hoy día existen redes basadas en tecnología WiMAX que operan en forma eficiente y generan beneficios económicos²⁵. Sin embargo, estos son ejemplos de usos de tecnología “pre-WiMAX” o “compatible con WiMAX” (como suelen autodenominarse por sus fabricantes) y por ello no gozan de dos de los mayores alicientes de la estandarización: la compatibilidad o interoperabilidad y las bajas de precios por la producción masiva. Como se indicó anteriormente, los equipos WiMAX certificados aun no fueron lanzados al mercado (aunque se espera que esta situación cambie en pocos meses).

En este proyecto se estudian casos de negocio de manera de entender cual sería el impacto de utilizar tecnología WiMAX, en otras palabras que resultados implicaría el utilizar esta nueva tecnología en un mercado real. Se optó para ello por **analizar que incidencia tendría WiMAX en el mercado argentino** por tratarse del ámbito de investigación de este proyecto y por ser este un mercado emergente, entorno en el que las redes inalámbricas tienen grandes ventajas (algunas de las cuales ya fueron tratadas) sobre las redes tradicionales.

24. Por ejemplo, se utilizan canales de 20 a 25 MHz en EEUU, cuando en Europa los canales son de 28 MHz

25. Algunos proveedores actuales que utilizan esta tecnología son TowerStream (<http://www.towerstream.com/>) en EEUU, ClearWire (<http://www.clearwire.ie>) en Irlanda y EEUU. o la empresa Ertach (ex Millicom) en Argentina (<http://www.ertach.com.ar>).

En las secciones siguientes se irán enumerando ciertos conceptos y características a tener en cuenta para analizar las cifras y tablas del estudio de mercado y para entender las consecuencias que se desprenden de este análisis. **Cada una de las secciones siguientes ayudará a entender mejor si es o no factible aplicar a nuestro país tecnologías como las del IEEE 802.16.**

Elementos de una red WiMAX completa

Si un proveedor de acceso a Internet inalámbrico (WISP²⁶ por sus siglas en inglés) desea implementar una red basada en el estándar IEEE 802.16 debe considerar, al menos, los siguientes elementos:

Equipos del usuario: Son conocidos como **CPE** por sus siglas en inglés (*Customer Premise equipment*)²⁷ o como **SS** del inglés *Subscriber Station* es decir estaciones de suscriptor o del abonado. En el caso de las redes basadas en WiMAX **pueden utilizarse equipos interiores o exteriores**, en ambos casos serán los encargados de brindar (a los usuarios del servicio) el acceso a la red del WISP.

Los equipos interiores no requieren de una instalación por parte del proveedor y además suelen ser de menor costo que los exteriores. Los exteriores por el contrario, tienen la ventaja de poder utilizarse a mayores distancias de la estación base y de requerir menor potencia de la misma para operar. Como se verá más adelante, estos dispositivos, al tratarse de equipos de bajo costo, suelen ser adquiridos directamente por el usuario final. Sin embargo, debido a la gran cantidad de equipos de esta categoría que son necesarios, influyen en gran medida en el costo total de una red WiMAX.

Estaciones base: Estas estaciones, **conocidas como Base Station o BS** están conectadas a los CPE o SS mediante conexiones punto-multipunto; al mismo tiempo se conectan a la red del proveedor por accesos fijos de alta velocidad (como fibra óptica), mediante enlaces de radiofrecuencia o mediante vínculos WiMAX (es decir realizando *backhauling*). Contienen todo el equipamiento necesario para brindar a los abonados, acceso a los servicios de la red, esto incluye enrutadores, *switches*, etc. Su función principal es **permitir a los clientes finales acceder a Internet o a la red de la que formen parte**.

Afectan directamente la cobertura y la capacidad de la red WiMAX, cuando desea ampliarse el área de cobertura de la misma deben agregarse nuevas estaciones base; por otro lado, cuando desea aumentarse la cantidad de clientes en un área puede aumentarse la capacidad de las torres existentes (por ejemplo aumentando los canales en la misma).

Red del proveedor: La red del proveedor del servicio **puede subdividirse en dos partes: Edge (límite o frontera) y Core (o núcleo)**. Estas dos partes hacen referencia a las secciones ubicadas más cerca de las BS y al *backbone* de la red del WISP, respectivamente. Ambas divisiones son manejadas por el proveedor y contienen a los equipos encargados de las funciones de enrutamiento y reenvío de paquetes entre otras funciones clave.

Este tipo de redes, al tener igual funcionalidad que las de un ISP tradicional, no serán tratadas en profundidad. La similitud es tal que en muchos casos un ISP con deseos de ampliar sus servicios, puede ofrecer vínculos inalámbricos tipo WiMAX aprovechando la inversión realizada en la red existente.

Como puede verse en la figura 4.1, una red WiMAX es similar a una red de telefonía celular, está compuesta por una determinada cantidad de bases de transmisión (*base station* en la figura) que brindan servicios a los usuarios ubicados cerca de ellas (en la figura representados mediante los *Customer Premise Equipments* ubicados en el extremo derecho).

Cada uno de estos elementos será tratado en forma individual más adelante en este capítulo, enfocándose en los efectos que tienen sobre los posibles modos de comercialización y sobre los casos de negocio planteados.

26. Estas siglas corresponden a *Wireless Internet service provider* o Proveedor inalámbrico de acceso a Internet. Se usará este término para referirse a las organizaciones que brinden servicios de acceso de este tipo a empresas o usuarios residenciales.

27. Como se indicó en el capítulo anterior, estos equipos suelen ser un módem ADSL, un enrutador o un cable módem, ya sea que se trata de conexiones de banda ancha usando ADSL, vínculos dedicados o accesos vía cable, respectivamente. En todos los casos estos dispositivos son los encargados de conectar a los dispositivos del usuario con la red del proveedor, realizando a la vez funciones de seguridad y de enrutamiento de paquetes, entre otras.

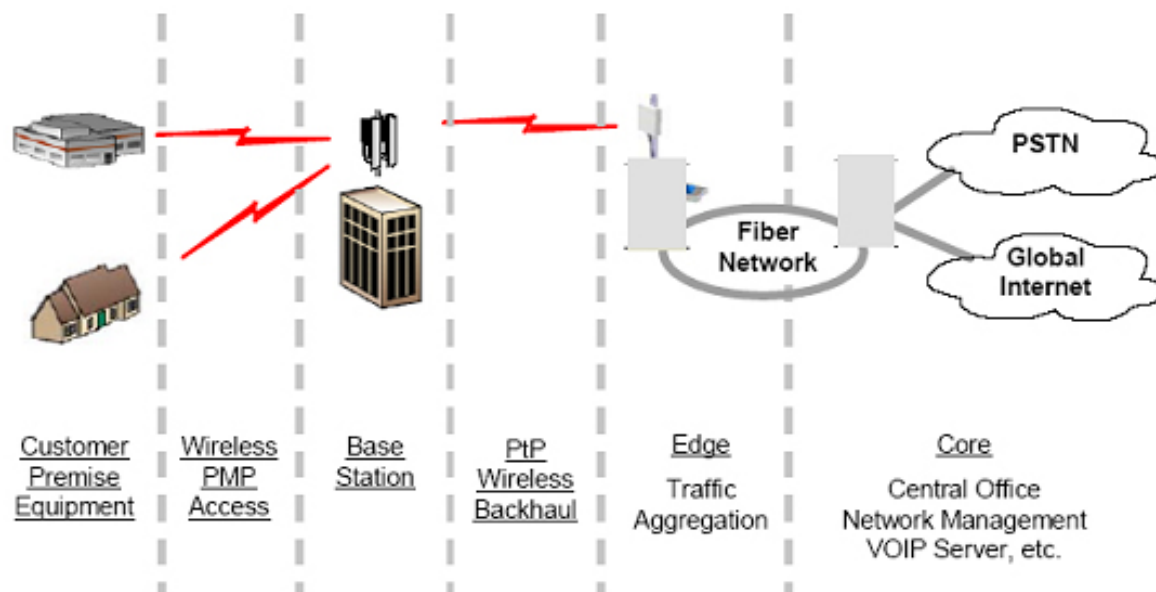


Figura 4.1: Elementos de una red WiMAX
(fuente WiMAX Forum)

Aplicaciones posibles de la red

Existen al menos **dos aplicaciones principales que pueden brindarse con una red WiMAX**, tal como se indicó en el primer capítulo de este proyecto. Los dos principales usos de una red WiMAX son los siguientes:

Acceso residencial de banda ancha a Internet: Típicamente atendidos por los servicios de ADSL y en menor proporción por el cable. En el caso de comercializar servicios WiMAX se concentran las ventas en casos donde el servicio de banda ancha no está disponible (como ser mercados emergentes, zonas rurales o suburbanas) o casos donde la relación costo/beneficio es desfavorable para los productos que compiten con WiMAX.

Acceso a Internet para medianas o grandes empresas: Son clientes con necesidades similares al caso anterior, pero se diferencian en los requerimientos de capacidad y disponibilidad mayores. Los costos y los precios finales de los servicios de este tipo también son muy distintos al caso de los usuarios residenciales, debido principalmente al nivel de calidad de servicio prestado.

Es necesario destacar que si bien no son la fuente de ingresos principales para un WISP, existen otros servicios que pueden colaborar a aumentar las ganancias obtenidas por una red basada en el estándar IEEE 802.16. Los siguientes servicios serán seguramente brindados como complemento de los servicios principales (especialmente en países desarrollados) sin embargo, no serán considerados en los casos de negocio que se verán más adelante por no tratarse de negocios provechosos en mercados como el argentino actual:

- **Backhaul** de redes WiFi o de redes celulares: Interconectando torres entre sí o bien con el *backbone* de la red del proveedor.
- **Redes Privadas:** Especialmente las redes de empresas con varios puntos de conexión, como ser grandes industrias o fábricas, campus universitarios, urbanizaciones privadas extensas, etc.
- **Servicios de seguridad pública:** Como ser redes de comunicación inalámbrica para policía, bomberos, seguridad pública y otros. Podría tratarse de redes de respaldo para redes tradicionales o incluso de uso continuo e independiente de las redes con cables.

Este tipo de servicios adicionales puede llegar, a futuro, a emerger en un mercado como el de Argentina. Sin embargo, debido a que este proyecto se centra en los usos más cercanos de la tecnología, serán dejados de lado dando lugar a servicios más tradicionales como los anteriormente indicados.

Características distintivas de un mercado emergente

A la hora de estudiar casos de negocio para una tecnología reciente es común encontrar muchos ejemplos de aplicación de la misma para mercados desarrollados como EE.UU. o Europa. Para este proyecto se busca estudiar cuáles son las principales características de un mercado emergente como es el argentino. A continuación se listan algunas de las ventajas que un WISP tiene al trabajar en un mercado en desarrollo:

Apoyo del gobierno: Es frecuente que un estado intente disminuir la llamada “brecha digital”, es decir que busque disminuir las diferencias en el nivel de acceso a las tecnologías entre habitantes de países desarrollados y en desarrollo. Para esto es posible que ciertas normas (especialmente en lo relacionado a asignación del espectro) busquen favorecer la implementación de redes inalámbricas que brinden acceso a Internet a zonas y habitantes en todo su territorio. Otro tipo de ventajas pueden ser las relacionadas a los impuestos y costos de importación para este tipo de implementaciones²⁸.

Poca competencia de proveedores tradicionales: A diferencia de países altamente desarrollados, los mercados emergentes no están saturados ni cuentan con una competencia feroz. Esto permite una mayor penetración de mercado para nuevas tecnologías como WiMAX.

Demanda insatisfecha: Al existir pocos proveedores que no pueden atender todo el mercado, es frecuente que muchos clientes estén deseosos de nuevas alternativas de acceso. Esto es crítico para disminuir el tiempo de adopción de la tecnología, lo que a su vez afecta el tiempo de retorno de la inversión. Los ejemplos más claros de demanda insatisfecha lo sufren los habitantes de ciudades pequeñas o las alejadas de los grandes centros de consumo, en las cuales se suele abonar un precio mayor a los existentes en grandes ciudades.

Menores costos de mano de obra: Los salarios son en general menores a otros países. Esto disminuye los costos de implementación de la red y todas las tareas que requieran personal especializado.

Distribución de los clientes: Dos hechos benefician al proveedor de acceso, por un lado la gran cantidad de edificios y unidades multifamiliares (lo que permite que varios clientes compartan equipos multiusuario, disminuyendo así el costo de capital o CAPEX); por otro lado, la alta densidad poblacional permite disminuir los costos de infraestructura al poder concentrarse en un área geográfica reducida pero con gran densidad de clientes.

A pesar de todos los puntos favorables en un mercado como el argentino, no pueden dejarse de lado los problemas que este tipo de entornos tiene. En cuanto a las desventajas que un mercado emergente posee, podemos destacar las siguientes:

Menores beneficios: Las tarifas mensuales son menores que en los países desarrollados, por otro lado, los usuarios suelen contratar menores servicios adicionales o complementarios.

Menores compras de CPE por parte de los usuarios: Una disminución en la cantidad de clientes que adquieren sus propios equipos CPE aumenta considerablemente los costos de capital y a veces genera un menor compromiso con el servicio (lo que puede disminuir el tiempo de permanencia con el proveedor). Como se tratará en breve, este hecho influye en forma negativa en los beneficios de un WISP al aumentar los costos de capital necesarios.

Mayores deudas impagas y moras: Es frecuente que exista una alta tasa de pagos no realizados o realizados fuera de término así como un porcentaje importante de clientes que permanecen poco tiempo con un proveedor de servicios.

Menor cantidad de computadoras por hogar: El mercado potencial se ve reducido por este hecho. Los dispositivos que requieren de un acceso a Internet (como ser teléfonos IP o computadoras de mano) son también mucho más escasos que en mercados desarrollados.

Características del mercado argentino de acceso a Internet

Como se indicó en párrafos anteriores, **dos de las características más atractivas para lograr un caso de negocio exitoso son la demanda insatisfecha y la baja competencia.** Afortunadamente para quienes deseen implementar una red basada en WiMAX, **esas dos condiciones se dan en el mercado argentino actual.**

En cuanto a la demanda insatisfecha, según datos de consultoras o empresas independientes (como D'Alessio / IROL o Microsoft Argentina) la cantidad total de clientes de Internet está creciendo rápidamente, existiendo actualmente **entre un 21 y un 24% de la población que tiene algún tipo de acceso a la red de redes**²⁹. Por otro lado, si analizamos datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) veremos que ese número total de personas (casi 8 millones) accede utilizando las aproximadamente 2 millones de cuentas existentes (1.839.701 residenciales y 178.923 de organizaciones) es decir que la relación usuarios por cada cuenta existente es de 4 a 1, demostrando que aun sin aumentar la cantidad de personas con acceso a Internet, el número total de cuentas puede crecer en gran medida.

28. Otro beneficio para los proveedores de tecnologías inalámbricas como WiMAX se da gracias a que este tipo de redes pueden ofrecerse en pueblos o ciudades pequeños (que muchas veces no son atendidas por los proveedores tradicionales de Internet debido al alto costo de infraestructura). Por ello, el estado suele colaborar con los nuevos proveedores buscando que estas pequeñas urbanizaciones gocen de servicios que de otra manera no existirían.

29. Este porcentaje de la población considera a todos aquellos que acceden a Internet utilizando conexiones propias de cualquier tipo o mediante equipos que no son de su propiedad. En este último grupo se encuentran quienes utilizan los accesos desde su universidad, trabajo, casas de familiares o amigos, locutorios telefónicos, etc.

Más allá de la cantidad total de cuentas existentes en la actualidad o las estimadas para un futuro cercano, queda por analizar el tipo de conexión utilizado. Consultando nuevamente los datos del INDEC es posible observar que **el número de organizaciones y de usuarios residenciales que utiliza servicios de banda ancha es cada vez mayor**. Como puede verse en las tablas 4.1 A y B y en los gráficos 4.2 A y B, el número de cuentas de banda ancha esta ya alcanzando a las cuentas de acceso telefónico o dial up, algo que tiempo atrás hubiera parecido increíble.

EVOLUCION DE ACCESOS RESIDENCIALES EN ARGENTINA					
	2001	2002	2003	2004	2005 (MARZO)
Abono Dial up	756.365	631.616	602.643	546.364	536.503
S/abono Dial up	652.021	704.080	816.653	831.296	811.844
Banda Ancha	136.166	135.987	213.538	431.548	491.354
Total	1.544.552	1.471.683	1.632.834	1.809.208	1.839.701

Tabla 4.1 A: Evolución de los accesos residenciales de Argentina
Fuente: INDEC (www.indec.mecon.gov.ar)

Como puede notarse en la última tabla, **el índice de crecimiento de los clientes residenciales con acceso de banda ancha es de más de un 50% si consideramos el periodo 2003- 2004**, esperándose un crecimiento similar en el año en curso.

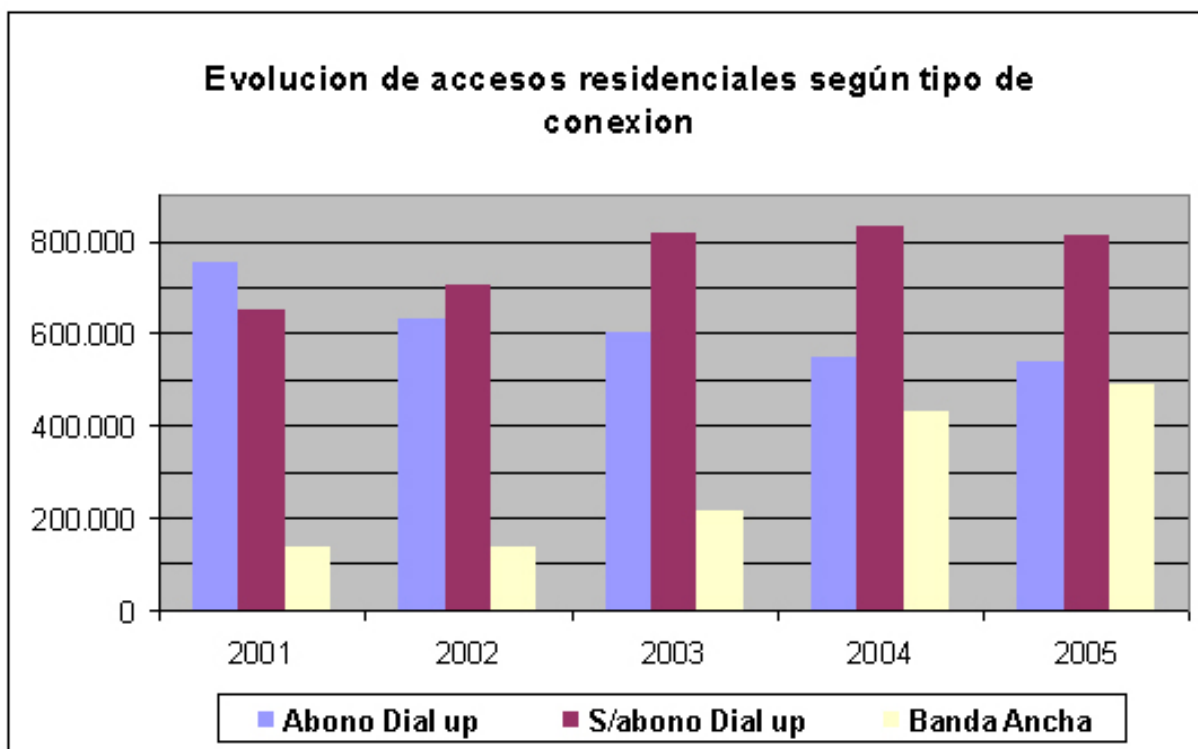


Figura 4.2 A: Evolución de los accesos residenciales de Argentina
Fuente: INDEC (www.indec.mecon.gov.ar)

EVOLUCION DE ACCESOS DE ORGANIZACIONES EN ARGENTINA					
	2001	2002	2003	2004	2005 (Marzo)
Abono Dial up	70.453	67.480	58.223	64.205	65.154
Banda Ancha	33.443	35.413	43.703	98.246	102.381
Enlaces dedicados	1.730	4.184	5.958	8.759	9.543
Total	107.627	109.079	109.887	173.214	177.078

Tabla 4.1 B: Evolución de los accesos de organizaciones de Argentina
Fuente: INDEC (www.indec.mecon.gov.ar)

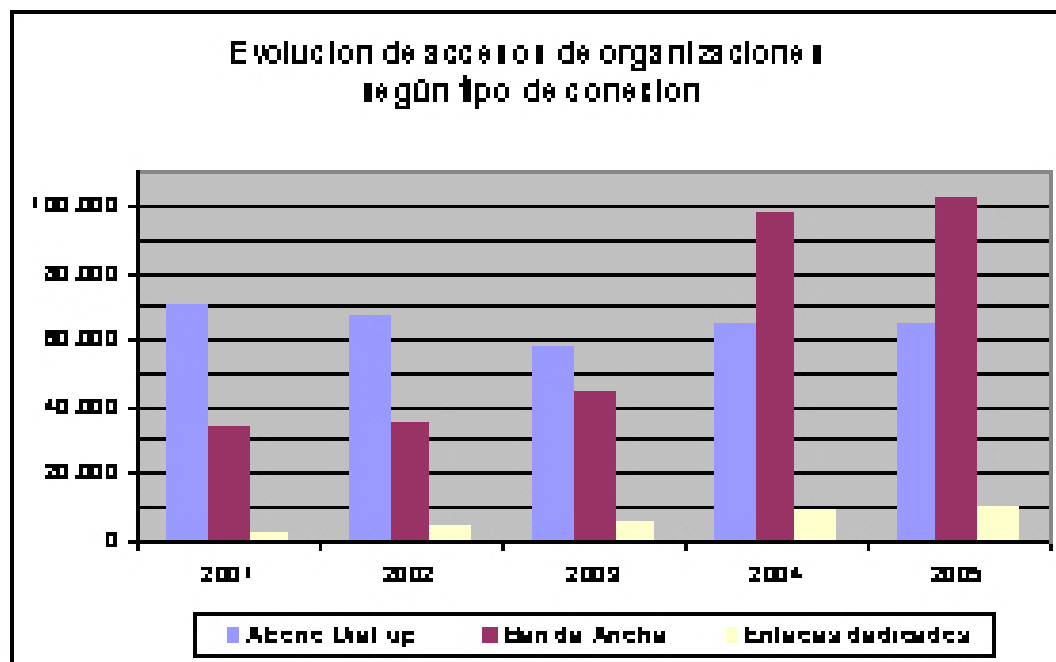


Figura 4.2 B: Evolución de los accesos de organizaciones en Argentina
Fuente: INDEC (www.indec.mecon.gov.ar)

El crecimiento de los accesos de organizaciones entre los años 2003 y 2004 fue de un 55%, este año, debido a las mejores condiciones comerciales y a las tendencias mundiales el crecimiento se espera que sea igual o mayor

Mejorando aun más las condiciones para los WISP que opten por implementar redes basadas en WiMAX, **existe otro factor que aprovecha las características de esta tecnología: la alta concentración de clientes**. En la Ciudad de Buenos Aires se encuentra aproximadamente un 50% de los clientes totales de Internet del país y una misma proporción del total de clientes de banda ancha. En otras palabras, **en poco más de 200 kilómetros cuadrados se encuentran actualmente más de 300.000 clientes de banda ancha y muchos más clientes potenciales**.

En resumen, el mercado argentino reúne características que lo hacen muy conveniente para implementar redes basadas en el estándar IEEE 802.16.

Planteo de casos de negocios

Para este estudio se tomó como base información del WiMAX Forum obtenida de una serie de documentos que tratan casos de negocios tanto para mercados emergentes como para mercados desarrollados. En las secciones siguientes se identificarán y analizarán algunos de los temas que en esos documentos se encuentran, como ser las áreas geográficas, el tipo de clientes atendidos, los modos de comercialización y los respectivos costos, etc.

Los datos ofrecidos por el WiMAX Forum fueron contrastados y verificados con la situación argentina y en algunos casos levemente modificados para adecuarlos a la situación de nuestro país. Con esas consideraciones y referencias se analizarán 4 casos de negocio que serán presentados en las secciones posteriores. Antes de tratar los casos en cuestión, se plantean algunas cuestiones necesarias para conocer el razonamiento aplicado y entender cual es el origen de los resultados obtenidos.

Consideraciones sobre las zonas geográficas

Esta es una de las variables a tener en cuenta en el desarrollo del caso de negocios. Para este estudio se definieron **dos áreas geográficas**. Las características de cada una, junto con las consideraciones asociadas, se detallan en la tabla 4.1.

Área	Características e implicaciones
Urbana (ciudades o grandes urbes)	<u>Características del mercado</u> <ul style="list-style-type: none"> Alta densidad de clientes potenciales y alta concentración de habitantes. Alta competencia de proveedores con soluciones como DSL, cable, etc. Gran cantidad de edificios y viviendas multifamiliares <u>Implicaciones en el caso de negocio</u> <ul style="list-style-type: none"> Celdas de menor tamaño debido a la densidad de clientes (lo que implica limitaciones por capacidad y no por área de cobertura) Mayores gastos de marketing (por publicidad principalmente) y de gastos operativos Baja o intermedia penetración de mercado Puede ser necesario el uso de espectro licenciado (para disminuir las interferencias)
Semi-urbana (áreas cercanas a las ciudades)	<u>Características del mercado</u> <ul style="list-style-type: none"> Densidad de clientes moderada. Alto número de residencias familiares y algunas empresas dispersas. Las alternativas de acceso de banda ancha son escasas <u>Implicaciones en el caso de negocio</u> <ul style="list-style-type: none"> Penetración de mercado mayor al área urbana Celdas WiMAX de mayor radio pero aun limitadas por capacidad

Tabla 4.1: División demográfica considerada para los casos de negocio (fuente WiMAX Forum)

Consideraciones sobre servicios que se ofrecerán a los clientes

Las categorías de clientes de los casos de negocio propuestos se dividen en **dos grupos**:

- Clientes residenciales: Conformado por los hogares (ya sean viviendas unifamiliares o edificios con muchos grupos familiares)
- Pequeñas y medianas empresas: Incluyendo desde negocios pequeños hasta empresas tales como fabricas, industrias, etc.

El tipo de clientes que se atiende define el tipo de servicio que se le ofrecerá a cada uno, diferenciándose estos principalmente por el tipo de equipos que se utilizarán, el precio a abonar y las velocidades de contratación posibles.

A continuación, en la tabla 4.2 se verán los servicios ofrecidos a los clientes según la categoría a la que pertenezcan y las características de dicho servicio, incluyendo entre estas el precio estimado que deberán abonar los clientes finales.

Tipo de servicio	Velocidad de bajada ²	Velocidad de subida	Factor de Sobreventa ³ (<i>overbooking factor</i>)	ARPU ⁴
Acceso residencial básico	512 Kbps	128 Kbps	40 en 1	USD 15
Acceso residencial <i>Premium</i>	1024 Kbps	256 Kbps	40 en 1	USD 25
Instalación para clientes residenciales (pago por única vez)				USD 20
Empresas Básico	512 Kbps	512 Kbps	4 en 1	USD 150
Empresas <i>Premium</i>	1024 Kbps	1024 Kbps	4 en 1	USD 200
Instalación para clientes corporativos (pago por única vez)				USD 50

Tabla 4.2: Precios de los servicios planificados (basado en información del WiMAX Forum)

Los precios arriba indicados son los valores mensuales y costos de instalación que deberán cubrir los clientes de los casos de negocio planteados. Estos valores se lograron tomando como referencia a estudios del WiMAX Forum que luego fueron levemente adaptados para adaptarlos al mercado objetivo.

Para una comparación más detallada pueden consultarse las tablas 4.3 A y B las cuales se generaron con datos de proveedores de acceso de la ciudad de Buenos Aires en la actualidad.

En el caso de la tabla 4.3 C se incluyen algunos precios finales de los servicios ofrecidos por proveedores ubicados fuera del país que utilizan tecnologías compatibles con el futuro estándar WiMAX. Estos valores únicamente fueron incluidos a modo de referencia para conocer cuales son los valores manejados por proveedores que utilizan tecnología pre-WiMAX.

Tabla 4.3 A: Comparación de proveedores de acceso a residenciales⁵

Proveedor	Tecnología	Velocidad [Kbps]		ARPU [USD]
		Upstream	Downstream	
Velocom	Inalámbrica	256	64	58
Velocom	Inalámbrica	512	128	65
Fibertel	Cable módem	512	128	30
Fibertel	Cable módem	1024	256	36
Ciudad Internet	Cable módem	512	128	32
Ciudad Internet	Cable módem	1024	256	34
Ciudad Internet	ADSL	512	128	40
Ciudad Internet	ADSL	1024	256	51
Valor promedio redes tradicionales		512	128	34
		1024	256	40.3
Valor de referencia utilizando WiMAX		512	128	15
		1024	256	25

Tabla 4.3 B: Comparación de proveedores de acceso corporativos

Proveedor	Tecnología	Velocidad [kbps]		ARPU [USD]
		Upstream	Downstream	
Ertach	Pre-WiMAX	512	512	255
Ertach	Pre-WiMAX	1024	1024	300
Telmex	Vínculo Dedicado (fibra)	512	512	350
Telmex	Vínculo Dedicado (fibra)	1024	1024	400
iplan networks	Vínculo Dedicado (fibra)	512	512	335
iplan networks	Vínculo Dedicado (fibra)	1024	1024	550
COMSAT Argentina	Vínculo Dedicado (fibra)	512	512	373
COMSAT Argentina	Vínculo Dedicado (fibra)	1024	1024	490
Valor promedio redes tradicionales		512	512	352.6
		1024	1024	480
Valor de referencia utilizando WiMAX		512	512	150
		1024	1024	200

Tabla 4.3 C: Proveedores WiMAX en el exterior					
Proveedor	Tecnología	Ubicación	Velocidad [kbps]		ARPU [USD]
			Upstream	Downstream	
ClearWire (residencial)	Pre-WiMAX	Irlanda	512	128	54
Towerstream (corporativo)	Pre-WiMAX	USA	5120	5120	500
Towerstream (corporativo)	Pre-WiMAX	USA	10240	10240	3250

Tablas 4.3 A, B y C: Comparación de proveedores de servicios inalámbricos dentro y fuera de Argentina
(fuente: Sitios Web de las empresas)

Las tablas anteriores muestran que en el mercado argentino actual (específicamente en la Ciudad de Buenos Aires) los ingresos estimados por cada usuario para los casos de negocio del proyecto son bastante menores a los de proveedores existentes. De llevarse a cabo un plan de negocios como el planteado en este documento, **los precios del proveedor que utilizaría WiMAX serían aproximadamente un 45% menores en el caso de los usuarios residenciales y de casi 60% menos en el caso de los servicios a empresas.**

Obviamente dicha diferencia en los precios motivaría a los clientes a contratar servicios de este tipo o bien a cambiar de proveedor en el caso de tener uno actualmente. Adicionalmente, los menores costos mensuales para el usuario final aumentarían el número de hogares que pueden acceder a un servicio de banda ancha como el propuesto.

Descripción de los escenarios

Para esta parte del documento se generaron cuatro escenarios posibles, los casos de negocio se basarán en las características de cada uno de ellos y los resultados esperados.

Los escenarios surgen de considerar principalmente tres factores: el tipo de clientes (que puede ser residencial o del tipo corporativo), el área geográfica donde se ubican los clientes (que como se indicó anteriormente varía entre zonas urbanas y semiurbanas) y las formas de provisión del servicio. De acuerdo al tipo de forma de brindar el servicio varían los equipos a utilizar (utilizando en forma multiusuario o monousuario), el costo de instalación de cada cliente y la existencia o no de beneficios para la compra de los CPEs por parte de los clientes.

Si bien la cantidad total de escenarios posibles es mucho mayor, se seleccionaron los casos considerados más representativos, con lo que el total de escenarios para el caso de negocio se limita a los indicados en la tabla siguiente. **Los casos existentes serán analizados considerando principalmente el área geográfica**, pues como se verá más adelante, este es el factor diferenciador más importante.

Escenario	Área Geográfica	Tipo de clientes	Observaciones
U1	Urbana	Residenciales y empresas	El servicio se presta con equipos multiusuario ubicados en cada edificio, planta o empresa a atender.
U2			Equipos monousuario del tipo interior o exterior
S1	Semiurbana		Totalidad de los CPEs provistos por el WISP (todos exteriores)
S2			Algunos equipos provistos por el WISP, otros por el cliente (todos exteriores)

Tabla 4.4: Escenarios considerados para los casos de negocio

Los detalles de cada escenario, con las respectivas consideraciones de negocio de cada zona, serán tratados más adelante, estudiándose por separado cada una de las áreas geográficas en cuestión.

Consideraciones sobre el plazo de adopción de la tecnología

Como toda nueva tecnología, existe un **tiempo necesario para que los potenciales consumidores se adapten o acostumbren al uso de WiMAX**. Este plazo de tiempo es muy importante a la hora de calcular la cantidad de clientes, ya que cuanto menor sea el plazo de adopción, mayores serán las ganancias por ventas en los primeros años de ofrecimiento del servicio.

WiMAX no es una tecnología completamente nueva, existe cierta relación entre éste estándar y WiFi por lo que podría utilizarse como referencia un plazo similar, por otro lado, el uso de teléfonos celulares seguramente colaborará a que el plazo de adopción de WiMAX se vea reducido ya que la confianza de los consumidores en tecnologías inalámbricas aumento gracias a estos dispositivos. Adicionalmente, al trabajarse en este proyecto con mercados emergentes que usualmente no tienen sus necesidades de conectividad satisfechas, el porcentaje de adopción suele ser mayor que en países desarrollados donde las demandas de conectividad suelen estar cubiertas.

Por todo lo expuesto, se considera que **el plazo de adopción necesario para que el porcentaje de penetración sea del 90% del total del mercado objetivo³⁰ será de cuatro años para un escenario urbano y de tres y medio años para el caso de los clientes en zonas suburbanas**. Estos valores están acordes con estimaciones de mercados desarrollados como son EEUU según los análisis del *WiMAX Forum*. Estos valores estimados se utilizarán para el cálculo de retorno de la inversión y por ende para tratar de determinar los ingresos que recibirá el WISP.

Gastos operativos (OPEX)

En todo caso de negocio deben considerarse a los gastos operativos o gastos de operación. Estos constan generalmente de pagos recurrentes (realizados en general en forma mensual) y **buscan principalmente mantener en funcionamiento las operaciones de una organización**.

Para los casos de negocio considerados en este documento, los costos operativos que deben tenerse en cuenta figuran en la tabla 4.5. Cada uno de estos ítems afecta los ingresos totales del WISP por lo que debe considerarse a la hora de analizar la viabilidad económica y la rentabilidad del proyecto en cuestión.

Elemento	Estimaciones de costo	Comentarios
Gastos de ventas, marketing y soporte técnico	20 % de los ingresos totales el primer año, bajando hasta el 11% en el quinto.	Los costos van disminuyendo a medida que el mercado madura y se torna más estable.
Operación de la red	10 % de los ingresos totales el primer año, bajando hasta el 7% en el quinto.	
Mantenimiento de equipos	5% del costo de capital para el equipamiento de cada BS 7% del monto del costo de capital para los equipos CPE propiedad del WISP.	Los equipos tienen un alto costo de mantenimiento al realizarse la gestión en forma remota.
Instalación y puesta en funcionamiento de las estaciones base (BS)	Entre USD 3000 y 4000 por cada BS utilizada	Pago por única vez
Instalación y compra de CPE	Variable según cada segmento de mercado y el modo de contratación	
Alquiler del sitio para estaciones base	Aprox. USD 1500 por cada BS	Considerándose pagos mensuales
Gastos en el edificio del cliente	Aproximadamente USD 50 por cada empresa cliente	No se aplica a clientes residenciales
Estimado por moras y por bajas del servicio ("churn")	12% en el mercado residencial y 3% en empresas	

Tabla 4.5: Elementos del Costo Operativo para un proveedor WiMAX (basado en datos del WiMAX Forum para mercados emergentes)

30. No debe confundirse el mercado objetivo con el mercado potencial. Si se estima una penetración de mercado total del 5%, el tiempo de adopción de la tecnología será el plazo de tiempo para que el 90% de ese 5% del total (es decir el 4.5% de la muestra total) adquiera el servicio ofrecido.

Como puede verse en la tabla anterior, todos estos factores deben ser considerados según cada situación en particular, existiendo principalmente diferencias según el tipo de cliente al que se desea atender.

El objetivo de esta sección es detallar algunos de los costos a los que deberá afrontar el WISP, estimándose según estudios anteriores que porcentaje de los ingresos deberán usarse para solventar dichos gastos.

La consideración del OPEX y del CAPEX (este último a tratar en la siguiente sección) se debe a que ambos costos afectan directamente los beneficios del WISP, los cuales se calculan básicamente considerando los ingresos totales y restando los dos costos antes nombrados.

Costos de capital (CAPEX)

Estos son los **costos necesarios para el establecimiento y los sucesivos aumentos de capacidad de la red**. Se consideran todos los costos relacionados a la puesta en funcionamiento y a la incorporación de equipos nuevos, así como las obras de infraestructura de la red.

Podemos dividir a los elementos del CAPEX en tres elementos principales:

Estaciones Base: Aquí se consideran todos los costos asociados a la instalación de las BS o estaciones base de la red, incluyéndose todos los equipos de la misma, el o los vínculos de alta capacidad necesarios para acceder al *backbone* de la red del WISP, etc.

Equipos del cliente (CPEs): Se incluyen tanto los valores de las terminales en sí (compra de equipos) como los costos de instalación de los mismos. Este es uno de los elementos de costo más importantes, como se verá más adelante en este capítulo.

Red del ISP: Incluye todos los costos de compra e instalación de equipos, las obras civiles necesarias, permisos del estado y todo otro elemento que implique un gasto y sea necesario para montar la red que brindará servicio a los clientes finales. Algunos de los elementos son los servidores centrales, los vínculos de alta capacidad a Internet, los equipos de monitoreo y control del tráfico, etc.

Al ser el elemento económico un factor crítico a la hora de analizar la viabilidad de un proyecto como este, a continuación se tratarán cada uno de los tres elementos del CAPEX por separado, indicándose cuales son las estimaciones y consideraciones para cada uno.

Elementos del CAPEX: Infraestructura de Estaciones Base (BS)

Si bien se trata de un gasto por única vez (por cada torre), el CAPEX asociado a las BS es alto porque como en toda red inalámbrica, un nodo de la red contiene gran cantidad de equipamiento que debe ser instalado y mantenido remotamente. Una forma de mejorar la inversión sería el planificar cuidadosamente el crecimiento de la red de manera de alcanzar simultáneamente dos objetivos:

- 1) Evitar la superposición de la cobertura de las torres: Es decir identificar los mejores lugares para cada nodo de la red buscando que a medida que la cantidad de clientes aumente, se instalen nuevas torres sin solapamientos en el área de cobertura y minimizando la reorientación de los posibles equipos exteriores.
- 2) Evitar la sobrecarga de torres: Si el diseño es exitoso, para aumentar la cantidad de clientes será necesario aumentar la capacidad de las torres agregando únicamente canales en ellas y no montando nuevas estaciones base. Para lograr esto es necesario un cuidadoso planeamiento de la ubicación de las BS y del tipo de equipos CPE que los clientes utilizarán (los CPE interiores requieren mayor capacidad de la torre transmisora, como se verá más adelante)

En la tabla siguiente (tabla 4.6) puede verse el costo estimado de cada componente considerado según cada escenario.

Componente de infraestructura	CAPEX estimado
Alquiler/compra del sitio, obra civil y equipamiento de la estación.	USD 50.000 por BS para zonas urbanas USD 35.000 por BS para zonas suburbanas
Vinculo punto a punto para <i>backhauling</i>	USD 25.000 para torres de entre 4 y 6 canales USD 15.000 para torres de 3 canales
Equipamiento WiMAX para comunicación punto-multipunto	USD 7.000 por cada canal existente
CAPEX TOTAL DE LA ESTACIÓN BASE (según escenario)	
BS de 3 canales (Zona Suburbana): Entre USD 50.000 y 65.000 + USD 21.000 = Entre USD 71.000 y 86.000	
BS de 4 canales (Zona Urbana o Suburbana): Entre USD 60.000 y 75.000 + USD 28.000 = Entre USD 88.000 y 103.000	
BS de 6 canales (Zona Urbana): USD 75.000 USD + USD 42.000 = USD 117.000	

Tabla 4.6: Costos de capital asociados a una BS
(Fuente WiMAX Forum)

El radio de alcance de una torre tiene relación directa con la frecuencia y el poder de transmisión y con la sensibilidad del receptor. A medida que aumentan estos parámetros, la distancia entre los usuarios o SS y la torre o BS puede aumentar (hasta cierto punto) sin perderse calidad de servicio.

Existen ciertos puntos clave que deben tenerse en cuenta para comprender mejor las características del CAPEX de las estaciones base:

- Cuanto mayor es el área de cobertura, menor es la capacidad total de la BS. En otras palabras, aumentar la distancia que separa las estaciones de los abonados de las torres disminuye la cantidad total de clientes que puede soportar cada una de ellas.
- El uso de CPEs interiores disminuye en gran medida la cobertura de la BS disminuyendo los ingresos de cada torre. El uso de CPEs exteriores, por otro lado, aumenta los costos de capital asociados a este elemento (los equipos exteriores tiene un costo superior a sus pares interiores). Por ello, el enfoque más rentable es el de proveer servicios simultáneamente a clientes con ambos tipos de CPEs instalados, maximizando los clientes con CPEs interiores en las inmediaciones de las BS.
- El porcentaje de penetración de mercado en las zonas suburbanas debe ser mayor al de áreas urbanas para poder lograr una alta rentabilidad. Esto se debe a la menor densidad de clientes en las áreas nombradas primeramente.

Elementos del CAPEX: Equipamiento del usuario (CPE)

Este es tal vez el elemento de costo más determinante en los distintos casos de negocio. Uno de los beneficios futuros más importantes para los WISP es el que los fabricantes disminuyan los costos de este ítem.

Actualmente existen equipos pre-WiMAX para uso en empresas que rondan los USD 500 pero se estima que debido a la reducción de costos por la producción en grandes cantidades los precios llegarán a los USD 300 en el año 2010. Lo mismo se espera de los equipos residenciales interiores y exteriores.

Existen varias formas de distribuir los CPEs entre los usuarios del servicio. Las alternativas más comunes, con sus respectivos costos asociados son las indicadas en la tabla 4.7.

Escenario	Costos del CPE	Costos de Inst.	Cargo de Inst.	Costo CPE/ usuario (promedio)
Edificio multifamiliar con un DSLAM ⁶ por edificio	DSLAM de 24 puertos USD 2.200 Unidad exterior WiMAX, USD 500 MODEM DSL adquirido por el usuario (sin costo para el WISP)	USD 200 por edificio	USD 20 por usuario	Considerando 12 clientes por unidad multifamiliar 2005: USD 205 2010: USD 150
Un CPE exterior por cada hogar	100% de CPEs exteriores a USD 350 cada uno	USD 50	USD 20	2005: USD 380 2010: USD 60
Un CPE interior por cada hogar	100% de CPEs interiores, auto instalables, a USD 240 cada uno	Sin costo (auto instalable)	USD 20	2005: USD 220 2010: USD 60
Un CPE por hogar (mezcla de equipos interiores y exteriores)	35% de CPEs interiores, auto instalables, a USD 240 + 65% de CPEs exteriores a USD 350	Promedio de USD 33	USD 20	2005: USD 324 2010: USD 102
	64% de CPEs interiores, auto instalables, a USD 240 + 36% de CPEs exteriores a USD 350	Promedio de USD 18	USD 20	2005: USD 278 2010: USD 81

Tabla 4.7: Costos de capital asociados a CPEs
(Fuente WiMAX Forum)

Como puede verse en la tabla anterior, con los precios de equipos actuales, es más económico tener una gran cantidad de clientes en edificios multifamiliares u de oficinas, de manera de aprovechar los menores costos de equipamiento. Sin embargo, este resultado surge de considerar únicamente el costo para el proveedor y no el beneficio económico que resulta de cada modalidad de venta. En secciones posteriores se analizará cuales son los resultados económicos de brindar servicios en forma multiusuario o monousuario y se contrastarán los beneficios.

Los modos de provisión del servicio de la tabla anterior permiten conocer cuales son los costos para el WISP según el tipo de servicio ofrecido. De acuerdo al caso de negocio a estudiar, se seleccionará el modo en que se brinda el servicio correspondiente.

Elementos del CAPEX: Red del proveedor

Bajo este nombre se considera a la totalidad de los elementos de la red del proveedor que son necesarios para brindar servicios a los clientes, se incluyen a la oficina central, a la red de borde (conocida en ingles como *edge*) y al núcleo central de la red (en ingles "*core*"). En los tres casos se deben considerar a los servidores y estaciones de monitoreo, los enrutadores y *switches* entre otros equipos)

Como es de esperarse, el diseño y puesta en funcionamiento de una red de este tipo requiere de una inversión de capital y esfuerzo considerables. Estos recursos pueden ser minimizados si se trata de un proveedor de acceso que ya tiene montada parte de esta infraestructura y sólo debe aumentar la capacidad de la misma para los nuevos clientes WiMAX.

El CAPEX para este ítem es muy alto, pero esta repartido entre miles de usuarios por lo que en zonas densamente pobladas se estima que el costo por suscriptor es de aproximadamente USD 10 (disminuyendo si se trata de un proveedor ya establecido y con su red operativa).

En la siguiente tabla, tabla 4.8, se listan los elementos más importantes del CAPEX para la red del proveedor para los cuatro escenarios planteados anteriormente

Descripción	Escenario(s)				Comentarios
	U1	U2	S1	S2	
Equipamiento para redes de borde y núcleo	USD 400.000		USD 500.000		Incluye enrutadores, <i>switches</i> , equipos de monitoreo, etc.
Espectro licenciado	Aprox. USD 0.1 por MHz. utilizado ⁷				En las zonas suburbanas se pueden utilizar bandas de frecuencia no licenciadas.
Equipamiento extra de la BS	USD 15.000				Se incluyen aquí elementos como <i>racks</i> , gabinetes, <i>UPS</i> , interfaces de red, etc.

Tabla 4.8: CAPEX de la red del proveedor
(tomando como base datos del WiMAX Forum)

Si bien no es posible modificar mayormente el costo total de la red del proveedor, es de destacar la diferencia de costos resultante de la utilización de espectro licenciado, debido principalmente a que los costos de este son bastante difíciles de estimar y a que se trata de un recurso limitado.

Caso de negocios para escenarios U1 y U2 (Zona urbana)

Para el caso de la zona urbana se consideran dos escenarios posibles según se trate de brindar servicios a cada cliente en forma individual (U2) o si se utilizarán equipos multiusuario en cada edificio atendido (escenario U1). En el caso U1, además del CPE multiusuario es necesario un equipo denominado *Integrated Access Device* (IAD por sus siglas en inglés) que será el encargado de distribuir el tráfico de los usuarios y de aplicar, si se requieren, ciertas políticas de seguridad.

En la tabla siguiente, 4.9 se detallan las consideraciones más importantes de cada uno de estos escenarios así como las cuestiones consideradas para ambos casos.

Consideraciones comunes a los escenarios U1 y U2	
Segmento de mercado	Residencial y empresarial
Densidad de hogares	12.000 hogares por kilómetro cuadrado, con mayoría de hogares multifamiliares y edificios-torre ⁸ .
Densidad de empresas y comercios	1.000 negocios por kilómetro cuadrado
Penetración de mercado estimada	3.5%
Área de cobertura	136 kilómetros cuadrados ⁹
Estaciones base	48 estaciones base separadas por aprox. 1.8 Km.
Tiempo de implementación completa de la red	4 años (poniendo en funcionamiento 12 torres por cada año)
Costos en la red del proveedor	USD 1.000.000 necesarios para ampliar la red y la capacidad de un proveedor existente
Costo de los CPEs para empresas	USD 500 en el 2005, erosión de precios anual del 10%

Detalles del Escenario U1: CPE compartido (viviendas multifamiliares o edificios torre)	
Costo de las estaciones base	USD 103.000 por estación de 4 canales (USD 50.000 para obra civil, USD 28.000 para equipamiento WiMAX y USD 25.000 para el <i>backhauling</i>)
Costo de los IAD (para hasta 24 clientes simultáneos)	USD 2.000 por un equipo de 24 puertos, erosión de precios anual del 5%
Costo de instalación del CPE	USD 200 por edificio
Clientes por edificio	12 ¹⁰

Detalles del Escenario U2: CPE monousuario (principalmente residencias)	
Costo de las estaciones base	USD 117.000 por estación de 6 canales (USD 50.000 para obra civil, USD 42.000 para equipamiento WiMAX y USD 25.000 para el <i>backhauling</i>)
Costo de los CPEs exteriores para residenciales	USD 350 en el 2005, erosión de precios anual del 20%
Costo de los CPEs interiores para residenciales	USD 240 en el 2005, erosión de precios anual del 30%
Proporción de CPEs	36% exteriores, 64% interiores

Tabla 4.9: Consideraciones de los escenarios en áreas urbanas (tomando como base datos del WiMAX Forum)

Algunos ejemplos de clientes de este caso de negocio serían edificios de oficinas de grandes ciudades, especialmente aquellos ubicados alejados de los centros comerciales de cada ciudad. Se busca atender esos sectores debido a que en ellos la oferta de servicios suele ser menor o hasta inexistente ya que algunos proveedores no consideran conveniente extender la red hasta esos puntos debido al alto costo de infraestructura asociado.

Caso de Negocios para escenarios S1 y S2 (Zona Suburbana)

En el caso de las áreas suburbanas, los escenarios se diferencian en la proporción de equipos CPEs provistos por el WISP. En el caso S1 todos los CPEs son inicialmente adquiridos por el proveedor y luego entregados a los usuarios en forma de servicio, abonando estos un pago mensual por el mismo. En cambio, en el escenario S2 algunos clientes adquieren sus propios equipos y por ello sólo deben abonar por la conexión adquirida (y los posibles servicios adicionales que existan).

En el mercado argentino existen ambas formas de contratación según de que empresa se trate, siendo posible, por ejemplo, que los clientes adquieran sus propios módems (muy común para los casos de ADSL) o bien incluir en el abono mensual el valor de dichos equipos (usualmente en el caso del acceso por cable módems).

Consideraciones comunes a los escenarios S1 y S2	
Segmento de mercado	Residencial y empresarial
Densidad de hogares	2.000 hogares por kilómetro cuadrado, mayoría de hogares unifamiliares
Densidad de empresas y comercios	100 negocios por kilómetro cuadrado
Penetración de mercado estimada	4%
Área de cobertura	212 kilómetros cuadrados
Estaciones base	24 estaciones base separadas por aprox. 3.2 Km.
Tiempo de implementación completa de la red	3 años (poniendo en funcionamiento 8 torres por cada año)
Costos en la red del proveedor	USD 300.000 necesarios para ampliar la red y la capacidad de un proveedor existente
Costo de las estaciones base	USD 71.000 por estación de 4 canales (USD 35.000 para obra civil, USD 21.000 para equipamiento WiMAX y USD 15.000 para el <i>backhauling</i>)
Costo de los CPEs para empresas	USD 500 en el 2005, erosión de precios anual del 10%
Costo de los CPEs para residenciales (exteriores únicamente)	USD 350 en el 2005, erosión de precios anual del 20%

Detalles del Escenario S1
El proveedor se encarga de entregar el 100% de los CPEs a los usuarios
Detalles del Escenario S2
Un 50% de los CPEs son provistos por los mismos usuarios a cambio de un 20% de reducción del recurrente mensual.

Tabla 4.10: Consideraciones para los escenarios suburbanos (S1 y S2)
(basado en datos del WiMAX Forum)

Ejemplos de clientes de este escenario son las afueras de las grandes ciudades, zonas de fábricas o industrias, barrios privados ("*countries*") o zonas comerciales ubicadas fuera de las áreas urbanas.

Los resultados de este y los demás casos de negocio serán tratados en el capítulo siguiente del documento, de manera de poder además comparar los resultados de cada caso

Capítulo 5: Análisis de los casos de negocios

Objetivos del capítulo

Durante este capítulo del proyecto se analizarán los resultados de los casos de negocio anteriormente presentados. Se buscará definir la viabilidad económica de cada uno, se presentarán los puntos a favor y en contra y se realizarán comparaciones entre los diferentes escenarios planteados.

Se plantearán además sugerencias y se destacarán ciertos puntos importantes del estudio realizado.

Comentarios sobre los casos de negocio estudiados

Como se indicó en los capítulos anteriores, los casos de negocio planteados fueron realizados **tomando como base dos estudios del WiMAX Forum** donde se analizaban por separado los mercados desarrollados y los mercados emergentes. La combinación de esos dos estudios, modificados levemente por el autor de este proyecto y de datos actuales del mercado argentino permitirán evaluar la viabilidad económica de los escenarios tratados.

Los trabajos del WiMAX Forum se utilizaron principalmente para plantear los casos de negocio y para comprender la totalidad de los elementos a considerar en un proyecto de implementación de una red WiMAX. A esto se le agregó una breve investigación de mercado donde se buscaba comparar los precios de productos que competirían directamente con soluciones WiMAX y a una evaluación de los precios de IAD y CPEs con tecnología "pre-WiMAX" existentes en el mercado. Por último, se hicieron consultas a encargados de la implementación de redes tradicionales de manera de verificar que tan acertados eran los costos que en los informes del foro WiMAX se indicaban.

Un factor que fue considerado para poder adaptar los resultados del Foro WiMAX fueron las características del mercado argentino actual. Entre estas características se encuentran las diferencias en la oferta de servicios que existe entre las grandes ciudades (como la Ciudad de Buenos Aires) y las demás ciudades del país.

Algunas variables fueron dejadas parcialmente de lado o en algunos casos tomadas como independientes cuando en realidad son, al menos parcialmente, interdependientes. Entre estas variables se encuentran la velocidad de adopción de la tecnología, la penetración de mercado y el ARPU considerado. Otra implicación de esta simplificación de variables es la influencia de acciones tales como el lanzamiento de promociones en los servicios o en los cambios de proveedores por parte de los clientes las cuales no fueron consideradas en detalle.

El resultado de todo este proceso está plasmando en las páginas siguientes, donde se detallan los ingresos y las ganancias esperadas en cada caso entre otros resultados.

Consideraciones en la evaluación de los casos de negocio

Para poder realizar una comparación de los casos de negocio entre sí y de manera de lograr representar la evolución de la rentabilidad de estos ejemplos de uso de la tecnología WiMAX, fue necesario simplificar el análisis económico. La simplificación busca ayudar al lector a entender los resultados de cada caso en un ambiente mucho más simple que el real (principalmente al considerar sólo los factores más influyentes). Los siguientes puntos deben ser considerados como premisas del estudio:

- El tiempo de análisis de estos casos es de exactamente 10 años después de la inversión inicial.
- En todos los casos se considera que el ISP o proveedor dispone de los fondos necesarios para la implementación de la red y para solventar los gastos durante los años en que no existan ganancias (es decir no se consideran préstamos de capital que impliquen intereses o moras).
- Los valores no son actualizados por inflación. Se considera que cada unidad monetaria tiene el mismo valor nominal al comienzo y al final del periodo de comparación.
- En todos los casos, al completarse la capacidad de la red no se realizarán nuevas inversiones para ampliarla (esto permite tener un CAPEX teóricamente nulo durante los últimos años de la comparación)
- Luego de un tiempo de crecimiento en las ventas, la cantidad de clientes es siempre la máxima para toda la red. Esto surge de considerar que la cantidad de clientes que abandonan el servicio es aproximadamente igual a la de nuevos clientes y que existe suficiente demanda para aprovechar toda la infraestructura de la red.
- Los valores de referencia de los distintos servicios (ARPU) se mantienen estables, sólo considerándose una erosión en los precios de los CPEs, IADs y otros equipos similares.

Consideraciones comunes a los casos de negocio urbanos

Inversión requerida: Estos son los casos de negocio que más inversión requieren debido a los altos costos de implementación de la infraestructura y a la gran cantidad de torres de transmisión necesarias. Son altos el CAPEX y el OPEX asociado debido a que una gran concentración de clientes requiere una alta inversión de capital.

El monto inicial de dinero invertido podría verse disminuido si se instalan primero unas pocas BS y a medida que el número de clientes va incrementándose, se van sumando nuevas torres o nuevos canales en las torres existentes.

Tipo y número de clientes: En estos casos de negocio se atenderán tanto clientes residenciales como empresas. El número total de clientes es alto debido principalmente a la alta densidad de empresas y hogares cubiertos por la red WiMAX.

Riesgo asociado a la inversión: El riesgo de esta inversión se debe en parte a la gran cantidad de competidores en el área de cobertura. Por otro lado al tratarse de una inversión importante, deben planificarse cuidadosamente las acciones de marketing, las áreas a atender inicialmente, etc. Estos escenarios serán los que menor penetración de mercado presentan, sin embargo la alta densidad de clientes debería compensar ampliamente ese problema.

Análisis del Caso Urbano 1

La forma de comercialización de U1 es probablemente la más adecuada a edificios de oficinas o a complejos habitacionales medianos o grandes. Se busca aprovechar el uso compartido de ciertos recursos (como CPEs e IADs) de manera aumentar el número de abonados. El resultado es una alta inversión de capital pero que puede verse acompañada de un volumen de clientes importante.

Tiempo de retorno de la inversión: Si bien los resultados positivos anuales se dan en el 4 año de montada la red, los beneficios surgen recién en el 6 año. Esto se debe principalmente al alto CAPEX y su correspondiente OPEX.

Inversión inicial: Antes de lograr resultados positivos, será necesaria una inversión de 7.2 millones de dólares durante los primeros años de implementación de la red.

Escenario U1										
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clientes residenciales al final del año	11268	22536	33804	45072	45072	45072	45072	45072	45072	45072
Clientes corporativos al final del año	1260	2520	3780	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040
Total de clientes al final del año	12528	25056	37584	50112	50112	50112	50112	50112	50112	50112
Cantidad de bases al final del año	12	24	36	48	48	48	48	48	48	48
CAPEX anual [millones de USD]	5	3,8	3,7	3,5	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Flujo de caja [millones de USD]	-5	-2,1	-0,1	1,8	5,35	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Flujo de caja acumulado [millones de USD]	-5	-7,1	-7,2	-5,4	-0,05	7,05	14,15	21,25	28,35	35,45

Tabla 5.1: Resultados del escenario urbano 1

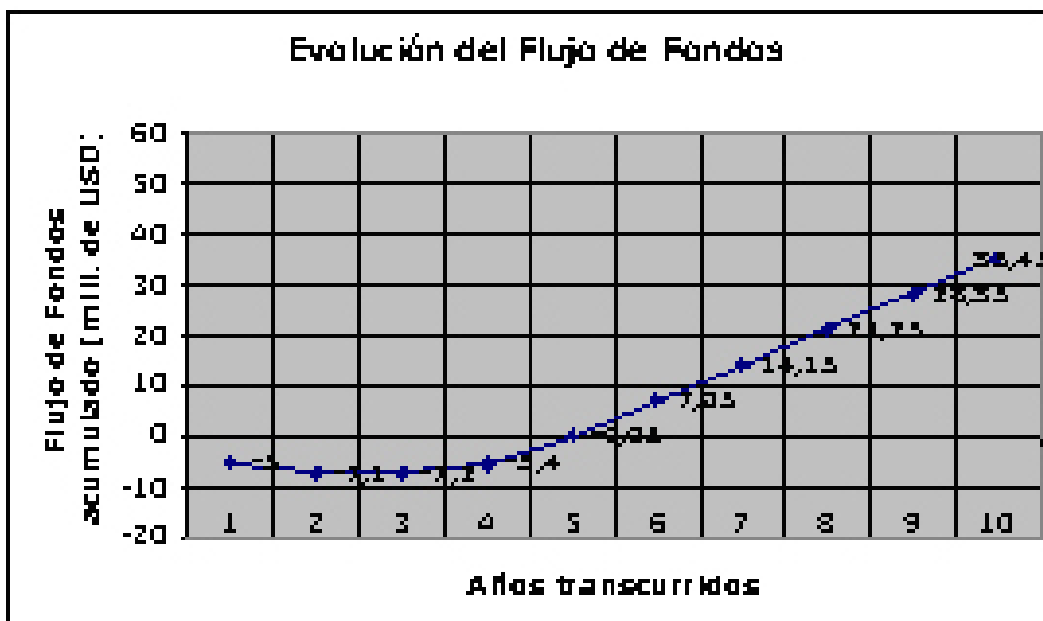


Figura 5.1: Flujo de caja acumulado para el escenario U1

Flujo de Caja Acumulado: Las estimaciones de ganancias para este caso son muy positivas, este es el segundo enfoque más rentable siendo superado solamente por U2. Como puede verse en la figura 6.1, luego de 10 años de realizada la inversión inicial, el flujo acumulado de caja será de más de 35 millones de USD. Este valor es muy atractivo, pero para lograrlo es necesario alcanzar un alto volumen de clientes (más de 50.000 contando los clientes residenciales y las empresas).

Análisis del Caso Urbano 2

El caso U2 es el más rentable de todos, si bien la inversión es alta (las BS son las más costosas de todos los escenarios considerados) este es el caso que obtiene rentabilidad más alta y con el menor tiempo de retorno. Esta combinación tan positiva se debe principalmente a que el CAPEX es mucho menor que en el caso U1 pero la cantidad de clientes es casi tan alta como en ese escenario.

Tiempo de retorno de la inversión: Ya en el tercer año existen resultados positivos, obteniéndose rentabilidad positiva desde el cuarto en adelante.

Inversión requerida: Antes de lograr resultados positivos, será necesaria una inversión de 5.4 millones de dólares durante los primeros años de implementación de la red.

Escenario U2										
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clientes residenciales al final del año	10692	21384	32076	46768	46768	46768	46768	46768	46768	46768
Clientes corporativos al final del año	1200	2400	3600	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Total de clientes al final del año	11892	23784	35676	51568	51568	51568	51568	51568	51568	51568
Cantidad de bases al final del año	12	24	36	48	48	48	48	48	48	48
CAPEX anual [millones de USD]	5,2	3,6	3,1	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Flujo de caja [millones de USD]	-5,2	-0,2	2	4,2	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
Flujo de caja acumulado [millones de USD]	-5,2	-5,4	-3,4	0,8	9,5	18,2	26,9	35,6	44,3	53

Tabla 5.2: Resultados del escenario urbano 2

Flujo de Caja Acumulado: Para obtenerse un valor de rentabilidad importante (luego de transcurridos los 10 años el resultado final es un beneficio total acumulado de 53 millones de dólares) debe llegarse a un número de clientes cercano a los 50.000, lo cual muestra la importancia de la densidad de clientes existentes. El alto valor de la rentabilidad surge de una combinación de gran cantidad de clientes atendidos con un CAPEX menor al caso U1.

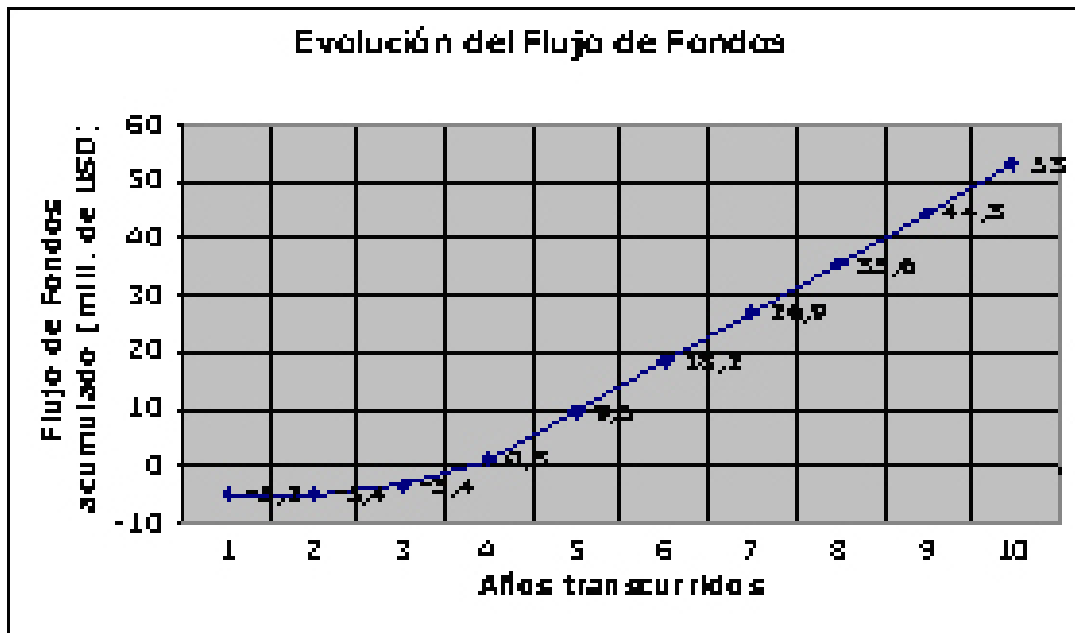


Figura 5.2: Flujo de caja acumulado para el escenario U2

Consideraciones comunes a los casos de negocio suburbanos

Inversión requerida: La inversión de los casos en escenarios suburbanos es mucho menor que en los casos anteriores principalmente por dos factores. Por un lado el costo total de montar la red del proveedor es de menos de un tercio (USD 300.000 comparados con USD 1.000.000) del caso urbano. Por otro lado, el valor unitario de cada torre y la cantidad de torres total es también mucho menor (24 torres de USD 71.000 cada una contra 48 BS del caso urbano con un costo unitario de USD 117.000).

Tipo y número de clientes: Se atenderán ambos tipos de negocio, pero la proporción de clientes residenciales será mayor al caso urbano (aproximadamente se estima una relación de 20 residenciales por cada empresa cliente). La penetración de mercado es levemente mayor al escenario urbano debido principalmente a la menor competencia existente.

Riesgo asociado a la inversión: El riesgo en este escenario es menor pues se trata de mercados con pocas opciones de contratación de servicios y por ello con una mayor demanda de accesos de alta velocidad. Por otro lado, el costo total de montar la red es menor que si se opta por atender mercados urbanos.

Análisis del Caso Suburbano 1

Este caso considera que el ISP proveerá todos los CPEs utilizados por los clientes y que a cambio de esta inversión podría requerir un contrato de, por ejemplo, dos años. El entregar estos equipos a los clientes puede ayudar a disminuir el tiempo de adopción de la tecnología y a conseguir clientes cuando la tecnología este en sus primeras etapas y sea poco conocida aun.

Tiempo de retorno de la inversión: Los resultados anuales positivos se dan desde el tercer año de operación, pero recién en el quinto año ven los beneficios del caso de negocio.

Inversión requerida: Una inversión de 3.3 millones de dólares será requerida durante los primeros años de implementación de la red antes de lograr resultados positivos interanuales.

Escenario S1										
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clientes residenciales al final del año	6032	12064	18096	18096	18096	18096	18096	18096	18096	18096
Clientes corporativos al final del año	320	640	960	960	960	960	960	960	960	960
Total de clientes al final del año	6352	12704	19056	19056	19056	19056	19056	19056	19056	19056
Cantidad de bases al final del año	8	16	24	24	24	24	24	24	24	24
CAPEX anual [millones de USD]	2,3	1,8	1,8	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja [millones de USD]	-2,3	-1	0,2	2	2	2	2	2	2	2
Flujo de caja acumulado [millones de USD]	-2,3	-3,3	-3,1	-1,1	0,9	2,9	4,9	6,9	8,9	10,9

Tabla 5.3: Resultados del escenario suburbano 1

Flujo de Caja Acumulado: Este caso de negocio es rentable pero en una medida mucho menor a los casos urbanos. Esta diferencia se debe principalmente a la cantidad de clientes que pueden atenderse ya que la densidad de hogares y empresas es mucho menor en el escenario suburbano. El total de clientes es de menos de un 50% de los casos urbanos anteriormente tratados.

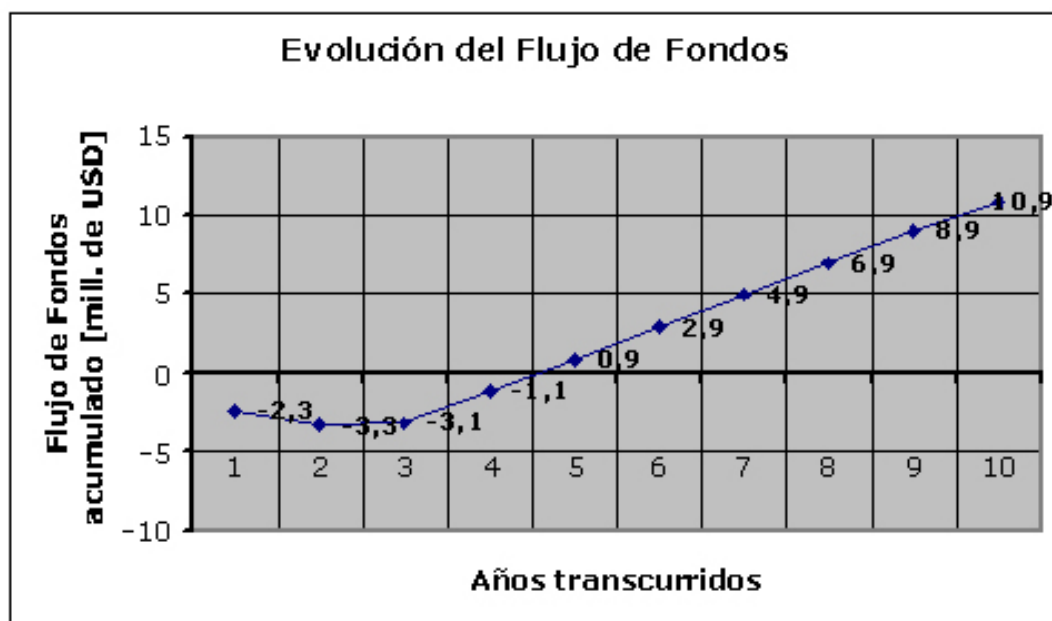


Figura 5.3: Flujo de caja acumulado para el escenario S1

Análisis del Caso Suburbano 2

Una segunda aproximación al escenario suburbano es ofrecer a los clientes una reducción del costo mensual del servicio a cambio de que ellos adquieran sus propios CPEs, es decir que se busca reducir el CAPEX relacionado a los CPEs disminuyendo el ARPU. El resultado esperado es una mayor rentabilidad a mediano o largo plazo.

Esta estrategia sin embargo requiere que la tecnología haya alcanzado niveles de estandarización y desarrollo suficientes para que el adquirir un CPE WiMAX sea una tarea sencilla y no requiera grandes conocimientos técnicos. Por ello, este modo de comercialización no sería el más conveniente durante las primeras etapas del desarrollo del estándar.

Tiempo de retorno de la inversión: Los resultados positivos anuales se dan desde el tercer año, los beneficios desde el cuarto año de iniciada la inversión.

Inversión requerida: Una inversión de 1.8 millón de dólares será requerida durante los primeros años de implementación de la red antes de lograr resultados positivos interanuales.

Escenario S2										
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clientes residenciales al final del año	6032	12064	18096	18096	18096	18096	18096	18096	18096	18096
Clientes corporativos al final del año	320	640	960	960	960	960	960	960	960	960
Total de clientes al final del año	6352	12704	19056	19056	19056	19056	19056	19056	19056	19056
Cantidad de bases al final del año	8	16	24	24	24	24	24	24	24	24
CAPEX anual [millones de USD]	1,5	1,8	1,8	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja [millones de USD]	-1,5	-0,3	0,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Flujo de caja acumulado [millones de USD]	-1,5	-1,8	-1,1	0,7	2,5	4,3	6,1	7,9	9,7	11,5

Tabla 5.4: Resultados del escenario suburbano 2

Flujo de Caja Acumulado: Dentro de los casos suburbanos, este es el más rentable de los escenarios si se considera el largo plazo pero la diferencia no es importante. Como puede verse en la figura 6.4, el flujo de caja acumulado es de 11.5 millones de dólares (contra los 10.9 del caso S1).

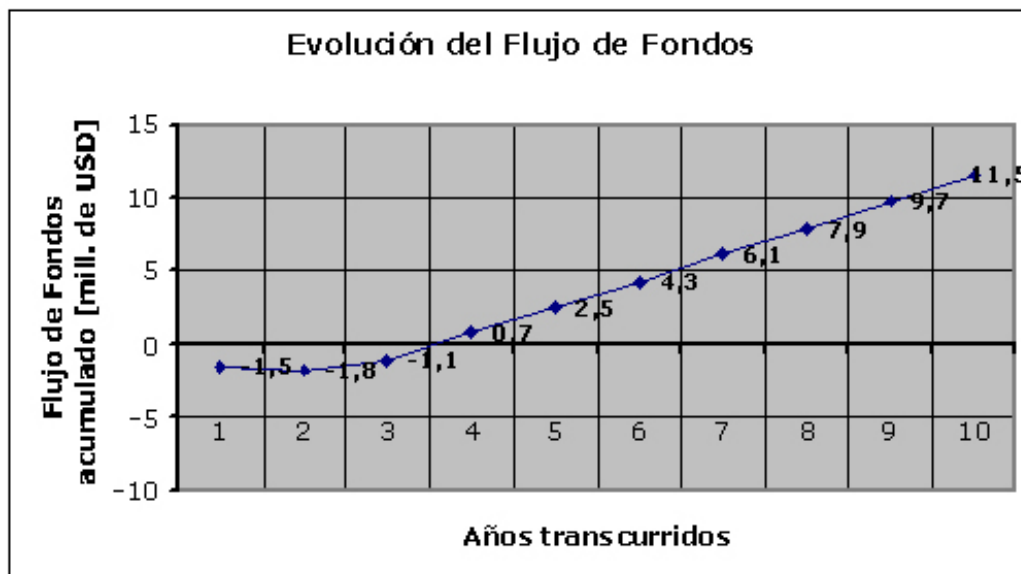


Figura 5.4: Flujo de caja acumulado para el escenario S2

Observaciones sobre los resultados

La figura 6.5 contiene los valores esperados para los cuatro casos de negocio estudiados en este proyecto. Como puede notarse, los beneficios son notablemente mayores en los casos urbanos, sin embargo el monto total de inversión crece en el mismo sentido y con ello el riesgo de la inversión.

Comparación de la rentabilidad de los casos de negocio

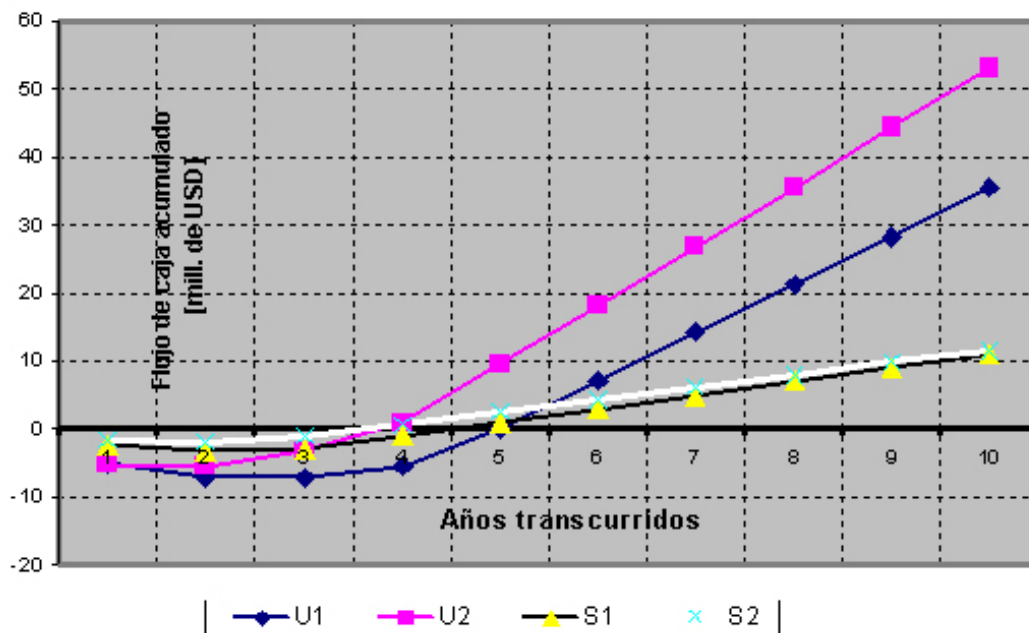


Figura 5.5: Comparación del flujo de caja acumulado en los casos de negocio

Si el gráfico anterior es considerado aisladamente sugiere que los escenarios más rentables son aquellos que tienen una mayor densidad de clientes y por ende pueden obtenerse mayores ingresos. En realidad esto no implica que un WISP obtendrá estos resultados simplemente por implementar una red WiMAX, como tampoco significa que en la práctica los escenarios suburbanos sean menos rentables o menos riesgosos que los urbanos. Existen factores externos (como ser la situación económica del país, las reglamentaciones de la aduana, las acciones de la competencia, etc.) que afectan notablemente la evolución de casos de negocio como este. Otro factor importante a la hora de decidir que escenario debe atenderse es el relacionado con las licencias que pueden requerirse. Estas deben ser entregadas por el estado y son necesarias en el caso urbano pero pueden no utilizarse en escenarios semiurbanos o rurales.

En cualquiera de los casos tratados, la tecnología WiMAX puede ser un claro diferenciador y afectar positivamente los beneficios de un ISP que utiliza este estándar, ya sea como un servicio independiente o como complemento de las redes tradicionales. En este último caso, un ISP pueden aprovechar las ventajas de una red WiMAX (como por ejemplo los bajos tiempos de instalación o la facilidad para aumentar la capacidad), para atender a aquellos clientes donde las redes tradicionales no son del todo adecuadas debido a sus limitaciones.

Podría por ejemplo ofrecerse a cada nuevo cliente que lo requiera, la instalación de un vínculo WiMAX en los primeros días de solicitado el servicio, y luego de ello reemplazar el servicio inalámbrico por uno tradicional, con el uso de cables. Otro uso posible es del de vínculos de respaldo para clientes con necesidad de redundancia o donde una conexión permanente es crucial (por ejemplo bancos, entidades financieras, sitios de ventas en la Web, etc.).

Conclusiones finales de los casos de negocio

Tomando como base los estudios del WiMAX Forum y las estimaciones sobre la evolución del mercado objetivo podríamos listar una serie de conclusiones sobre los casos de negocio basados en el estándar IEEE 802.16:

- La tecnología WiMAX puede ser altamente rentable tanto en escenarios urbanos como suburbanos. Los beneficios pueden obtenerse poco tiempo después la inversión inicial.
- Atender simultáneamente clientes residenciales y empresas es el mejor enfoque de comercialización si se busca maximizar las ganancias obtenidas.
- El uso de tecnología WiMAX en ciertos mercados clave (donde la demanda esta insatisfecha por la baja o insuficiente oferta de servicios) considerando además los beneficios que se espera brinde el estado, tendrían como resultado un caso de negocios altamente rentable y con un retorno de inversión muy conveniente.

Si nos guiamos por estas conclusiones, resulta evidente que las empresas proveedoras de servicios de acceso serán beneficiadas con el uso de esta tecnología. **Los mayores ganadores entre quienes opten por utilizar este estándar serán los actuales WISP** que migren sus redes o implementen nuevos servicios basados en el estándar WiMAX, especialmente porque podrán aprovechar el conocimiento y parte del equipamiento adquiridos previamente.

Sin embargo, **existen oportunidades para otros jugadores**, por ejemplo aquellos **ISP “tradicionales” que decidan utilizar esta tecnología inalámbrica** para ampliar o complementar sus servicios, o **empresas de telefonía celular** (las cuales disponen de un gran número de antenas distribuidas en la mayoría de las ciudades) ambos son ejemplos de firmas que deberían obtener también grandes beneficios económicos del uso de WiMAX.

Capítulo 6: Conclusiones del proyecto

Resultados del proyecto

Este trabajo de investigación permite demostrar la viabilidad del uso del estándar WiMAX como tecnología de acceso a Internet en el mercado argentino. Se analizaron los aspectos técnicos y los económico-financieros identificándose desde ambos enfoques las ventajas y los desafíos que deberá afrontar del estándar.

Si bien la tecnología en general (en especial aquellas de reciente aparición) es difícil de predecir, el estudio realizado demuestra que la versatilidad de WiMAX, aplicada a un mercado en desarrollo como el argentino, debería resultar en un caso de negocio exitoso.

Los resultados reales de implementar una red WiMAX dependen de muchos factores, la mayoría de los cuales no son de carácter técnico. Algunos de estos factores son el modo de comercialización elegido, las acciones de marketing que se tomen, la confianza que los posibles clientes tengan en la empresa que ofrezca el servicio, la velocidad de adopción de la tecnología, etc. Por todo ello, se plantean varias cuestiones que no podemos responder con una total certeza y que escapan al alcance de este proyecto de investigación. Algunas de estas preguntas que actualmente no tienen respuesta son las siguientes:

- ¿Es conveniente ofrecer inicialmente los servicios WiMAX en áreas urbanas (más rentables) y luego extenderse a áreas suburbanas y rurales, o bien es mejor comenzar en el sentido inverso aprovechando el menor riesgo y mayor penetración de mercado que se desprenden de una menor competencia?
- ¿El carácter novedoso y las características avanzadas de la tecnología WiMAX serán un beneficio para su evolución inicial o esos factores afectarán negativamente el desarrollo en sus primeras etapas debido a la desconfianza y desconocimiento de los clientes?
- ¿El estándar evolucionará con suficiente velocidad para posicionarse por sobre otras tecnologías que compiten con él (xDSL, "fiber-to-the-home"³¹, etc.)?
- ¿Qué impacto tendrá la versión móvil de WiMAX (802.16e)? ¿Será necesario esperar hasta su lanzamiento para que el uso del estándar se dispare?

Estas y otras cuestiones son difíciles de responder porque se ven afectadas por una serie de factores interdependientes que no pueden predecirse fácilmente. Es posible que poco tiempo después de finalizarse este proyecto (dando tiempo a WiMAX para evolucionar y para que su utilización se vuelva masiva) estas y otras preguntas puedan ser respondidas. Hasta ese momento no pueden arriesgarse respuestas pues la incertidumbre es alta.

Futuras líneas de investigación

Ciertos temas fueron omitidos en este proyecto, ya sea porque el momento para profundizar sobre algunos puntos aun no es el indicado o simplemente porque se dejaron de lado de manera de acotar el

31. Con este nombre se conoce a los servicios de acceso que se caracterizan por utilizar fibra óptica para el transporte de datos, utilizando este medio hasta el domicilio del abonado. Es decir que los clientes utilizan equipos conectados directamente por fibra óptica. De esta manera se logran velocidades de acceso muy alta, llegándose incluso a los 30 Mbps (o más) de velocidad de bajada (de un máximo de 622 Mbps por cada conexión).

alcance de la investigación. De los posibles temas que permitirían continuar este proyecto se destacan los siguientes:

- El uso de WiMAX en escenarios rurales o de baja densidad de clientes. Si bien la implementación técnica es básicamente la misma, el aspecto económico hace que este tipo de escenario sea completamente distinto a los considerados en los casos de negocio tratados.
- La versión móvil de WiMAX: El estándar IEEE 802.16e fue dejado de lado básicamente por dos razones: acotar el alcance del proyecto, y porque esta variante de WiMAX se encuentra aun en una etapa muy temprana de desarrollo.
- La utilización de WiMAX para redes de servicio público. El uso de esta tecnología por parte del cuerpo de policía, aduana, inspectores de impuestos o cualquier otro organismo que brinde servicios públicos.
- Integración de WiMAX con nuevas tecnologías inalámbricas. La relación del estándar tratado con el muy reciente IEEE 802.20 o del primero con tecnologías como "ZigBee" o "UltraWideBand" podría cambiar la forma en que vemos hoy día a la transmisión inalámbrica.

El futuro de WiMAX

El predecir el camino que una tecnología seguirá es muy difícil, sin embargo, si tomamos en cuenta los pronósticos de crecimiento de Internet, las estimaciones de uso futuro que a esta red mundial se le dan y el camino que están siguiendo las mayores empresas prestadoras de servicios, pueden arriesgarse algunos escenarios futuros:

- Las tecnologías de acceso inalámbrico crecerán exponencialmente en mercados emergentes tales como China o India y en las regiones geográficas donde las dificultades del terreno o una baja densidad de clientes dificulten tender redes con cables (como ciertos lugares de Australia o América del Sur)
- Los equipos portátiles (*notebooks*, celulares, dispositivos de mano o similares) incrementarán el uso que actualmente le dan a Internet llegando estos a ser cada vez más dependientes de dicha red. Las tecnologías inalámbricas como WiMAX jugarán un papel clave en esta transformación.
- La integración entre voz y datos será cada vez mayor y la frontera entre estos se tornará difusa. Los actuales celulares serán más parecidos a pequeñas computadoras portátiles con conexión permanente a Internet que simples dispositivos que transmitan la voz.

Si estos pronósticos se vuelven realidad, WiMAX, especialmente con su versión móvil, jugará un papel central en las comunicaciones durante los próximos años.

Capítulo 7: Fuentes de información y anexos

Fuentes de información

Al tratarse de un proyecto centrado en una tecnología de muy reciente aparición, y al no haberse encontrado bibliografía disponible, se utilizó como fuente de información principal a Internet. Las fuentes de consulta utilizadas se pueden dividir en tres categorías:

1) Páginas Web

La siguiente es una lista de algunos de los sitios Web consultados junto con una descripción de la información que ellos contienen.

Página Oficial del Foro WiMAX

<http://www.WiMAXForum.org>

Ofrece información general sobre el estándar WiMAX, contiene respuestas a las preguntas más frecuentes, las últimas noticias sobre la evolución del estándar, el proceso de certificación WiMAX y datos sobre las empresas miembros del Foro. En este sitio Web pueden encontrarse documentos de carácter técnico que tratan temas tan variados como la implementación de casos de negocio y las características de las capas de WiMAX. Probablemente esa sea la mejor fuente para encontrar información sobre la tecnología.

Página Web del IEEE 802.16

<http://www.ieee802.org/16/>

Contiene links importantes y datos sobre el estándar de IEEE. Parte de la información que sirvió inicialmente para comenzar el proyecto fue extraída de este sitio.

Tecnología WiMAX en Intel.com

<http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/index.htm>

Contiene varios documentos de carácter técnico que cubren aspectos de implementación y detalles de funcionamiento del estándar. Varios casos de éxito, así como documentos que permiten comprender el estándar aun sin muchos conocimientos técnicos, pueden ser encontrados en este sitio Web.

HowSuffWorks.com

<http://computer.howstuffworks.com/wimax.htm>

Documentos, definiciones y figuras de muy fácil comprensión para explicar los fundamentos del estándar. Algunas definiciones del documento fueron extraídas de este documento.

Página oficial de Alvarion

<http://www.alvarion.com/>

Extensa lista de documentos sobre las características de WiMAX, puntos clave a tener en cuenta en la implementación de redes WiMAX, diferencias entre las frecuencias existentes, etc. Este sitio contiene información sobre productos de la familia BreezeMax, los cuales son los equipos pre-WiMAX de mayor venta en el ámbito mundial.

Página oficial de Alcatel

<http://www.alcatel.com>

Documentos sobre el funcionamiento de WiMAX, descripción técnica del estándar y de productos del tipo pre-WiMAX.

WiMAXxed

<http://wimaxxed.com/>

Contiene información sobre los últimos eventos relacionados a WiMAX. Lanzamientos de productos u organizaciones que utilizan este estándar y datos sobre el mercado de acceso inalámbrico en general.

2) Consultas personales

La documentación encontrada en la red fue en algunos casos contrastada con opiniones de técnicos implementadores que actualmente trabajan en empresas proveedoras de servicio a Internet. Estas personas ofrecieron su ayuda brindando sugerencias y principalmente indicando los costos actuales relacionados al montado de un nodo de red en la Ciudad de Buenos Aires. Dicha información se usó como referencia para los costos de los casos de negocio. Además, se les pidió su opinión sobre que los casos de negocio planteados de manera de determinar si los mismos eran coherentes con la realidad del país.

3) Documentos específicos

Los siguientes documentos se destacan por la utilidad que tuvieron en la investigación. Fueron usados para ciertas secciones del proyecto o bien sirvieron como guía para capítulos completos.

Documentos de la IEEE sobre el estándar

Se consultaron tres documentos que incluyen la versión original y las posteriores actualizaciones del estándar.

- a) 802.16™ IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems (publicado en Abril de 2002 por el IEEE)
- b) 802.16™ IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems— Amendment 2: Medium Access Control Modifications and Additional Physical Layer Specifications for 2–11 GHz (publicado en Abril de 2003 por el IEEE)
- c) 802.16™ IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems— Amendment 1: Detailed System Profiles for 10–66 GHz (publicado en Enero de 2003 por el IEEE)

Estos documentos contienen información sobre el IEEE, el modelo de referencia del estándar en cuestión, e información técnica específica sobre todas las capas y subcapas del mismo. La información contenida en este conjunto de documentos es de carácter mayoritariamente técnico y muy específica, por lo que no es recomendado como documento inicial para entender la tecnología.

Documentos de Intel Corporation sobre la tecnología WiMAX

- a) IEEE 802.16 and WiMAX Broadband Wireless Access for Everyone (publicado en 2003)
Presentación de tecnología WiMAX, integración de estándares del IEEE, aplicaciones del estándar propuesto, características avanzadas, beneficios de los estándares en general.
- b) Deploying License-Exempt WiMAX Solutions (publicado en Enero de 2005)
Usos y beneficios de WiMAX, características de las bandas licenciadas y de las no licenciadas, comparación de los tipos de bandas, problemas de las bandas no licenciadas, sugerencias para la utilización de bandas no licenciadas.
- c) Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions (Noviembre de 2004)
Comparación de las diferentes redes inalámbricas según su alcance, uso de WiMAX para redes MAN, características y beneficios de las redes tipo malla (*mesh topology*), posibles etapas de evolución de WiMAX.

3) Documentos del WiMAX Forum

Algunas de las empresas integrantes del foro lanzaron documentos que intentan explicar las características del estándar y de promover la tecnología. Si bien cada empresa miembro tiene un enfoque y unos objetivos distintos, se nota cierta coherencia en cuanto a la definición del estándar y a los temas tratados. Se seleccionaron los siguientes documentos como los más interesantes y útiles:

- a) Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology and the 802.16 standard (Publicado en Octubre de 2004)
Este fue uno de los documentos más consultados porque tiene datos puntuales sobre como plantear y analizar casos de negocio utilizando tecnología WiMAX. Muchos de los conceptos sobre como plantear el caso de negocio y que consideraciones tomar fueron obtenidos de este documento. El planteo y las estimaciones de los costos y los resultados de cada caso de negocio se basaron en conceptos aquí indicados.
- b) WiMAX: The Business Case for Fixed Wireless Access in Emerging Markets (publicado en Junio de 2005)
Este es probablemente el documento del que más información se extrajo. Contiene información bastante similar al documento anterior, pero los datos y cálculos de costos y rentabilidad se realizaron considerando un mercado emergente por lo cual se lo consideró como más adecuado al proyecto en cuestión. Muchas de las consideraciones de los capítulos 4 y 5 fueron realizadas utilizándose como base a este documento.
- c) WiMAX's technology for LOS and NLOS environments (publicado en Agosto del 2004)
Contiene información sobre las características de las señales LOS y NLOS, describe los tipos de señales de cada uno y marca las diferencias entre ambos métodos. Se listan las soluciones técnicas a los problemas de la transmisión NLOS.

Anexo 1: Glosario

ARPU (Average Revenue per User): La ganancia promedio esperada por cada usuario de un servicio. Es el monto de dinero que un cliente abona a su proveedor de servicios. Usualmente se mide en forma mensual.

Backbone

Una serie de conexiones de que conforman un circuito dentro de una red. Usualmente se trata de la parte de mayor capacidad de una red

CIR (Committed Information Rate): Una velocidad de transmisión de datos mínima garantizada por un acuerdo de provisión de servicio entre el cliente y el proveedor de dicho servicio.

CPE (Customer Premises Equipment): Equipamiento que se ubica en el extremo de la red propiedad del cliente y que brinda a este de acceso a una red. Suele tratarse de routers, cablemodems, modems ADSL, etc.

DSL (Digital Subscriber Line): Un medio de transferencia de datos que utiliza líneas telefónicas tradicionales. Existen varias opciones de DSL, siendo las más frecuentes el ADSL y el SDSL.

LOS (Line of Sight): Transmisión en la cual los dos extremos de un vínculo inalámbrico tienen una línea de visión entre ellos sin obstáculos.

NLOS - Non Line of Sight: Transmisión inalámbrica que se da cuando entre los dos extremos existe un bloqueo en la visibilidad por algún tipo de obstáculo

Anexo 2: Acrónimos utilizados

CAPEX: Capital Expenditure

DSL: Digital Subscriber Line

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

FDD: Frequency Division Duplexing

FDM: Frequency Division Multiplexing

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

ISP: Internet Service Provider

MAC: Media Access Control

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OPEX: Operative Expenditure

PHY: Physical Layer

PMP: Point to Multipoint

PTP: Point to point

QoS: Quality of Service

TDD: Time Division Duplexing

Wi-Fi: Wireless Fidelity

WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access

WISP: Wireless ISPs

WLAN: Wireless Local Area Network.

